

Table des matières

1	Introduction : Usage d'une ressource commune à l'Extrême-Nord du Cameroun	28
1.1	Une définition du champ : parcours, transhumance et vie en campement	29
1.2	Le partage de la brousse comme question sociale	35
1.3	Modéliser les relations qui conditionnent l'usage des ressources renouvelables communes	37
1.4	Présentation du plan	39
I	Echanges, confiance, simulations multi-agent	42
2	Les échanges qui structurent les relations sociales	44
2.1	Echanges de biens	44
2.1.1	Vente des bêtes et du lait	44
2.1.2	Gardiennage	45
2.1.3	Les dons aux chefs	47
2.2	Echanges de femmes	47
2.2.1	Des règles d'alliance	47
2.2.2	La famille : communauté du partage et du contrôle social	48
2.3	Echanges de représentations et de mots	50
2.3.1	Circulation d'information	50
2.3.2	Information et différenciation	51
2.3.3	Information et justification	53

2.4	Conclusion	55
3	Les échanges économiques : plusieurs interprétations	56
3.1	Echanges marchands	56
3.1.1	Le cadre classique et les « imperfections » du marché	56
3.1.2	Les institutions : analyse par les coûts ou processus historiques	58
3.1.3	Les interactions interindividuelles : stratégie ou construction commune du sens	61
3.2	Echanges non-marchands	63
3.2.1	Mécanismes	64
3.2.2	Interprétation	66
3.3	Conclusion	67
4	La confiance	69
4.1	Confiance et croyances	70
4.1.1	« Confidence » et « trust »	70
4.1.2	Une articulation complexe	71
4.2	Place de la confiance	72
4.2.1	Confiance et sanction	72
4.2.2	Une autre valeur	74
4.3	Comment créer la confiance?	76
4.3.1	La mémoire : familiarité et réputation	77
4.3.2	L'engagement	78
4.4	Conclusion	79
5	Le système multi-agent	81
5.1	Des modèles décentralisés pour répondre à de nouvelles questions	81
5.2	Construire des systèmes	83
5.2.1	Un agent et son environnement : adaptation ou connaissance préimplantées	83
5.2.2	Interactions	85
5.2.3	Organisation	86

5.3	Conclusion	87
6	Simulations multi-agents en économie de l'environnement	89
6.1	Définir un modèle	89
6.1.1	Un agent et son environnement	90
6.1.2	Interactions	91
6.1.3	Organisations	92
6.2	Observer des simulations	94
6.3	Interprétation des résultats	96
6.3.1	Polémique	96
6.3.2	Et réponse	97
6.4	Usage des simulations	98
7	Simulations multi-agents et confiance	100
7.1	Les simulations multi-agents et l'élevage transhumant	100
7.2	Systèmes multi-agents et confiance	101
7.2.1	L'agent confiant de Steve Marsh	101
7.2.2	D'autres usages et formalismes	103
7.3	Conclusion	105
II	Simulations multi-agents et échanges marchands	
	(Modélisation de la routine dans les relations interindividuelles entre trans-	
	humants et sédentaires)	106
8	Description du modèle	107
8.1	Cadre théorique	107
8.2	Objectifs	108
8.3	Le modèle	109
8.4	Agents et déroulement d'un tour	110
8.4.1	Un tour	111
8.4.2	Vente	111

8.4.3	Préparer les accords pour les chefs et les sédentaires	114
8.4.4	Négociations	115
8.4.5	Bilan du transhumant	115
8.4.6	Bilan du sédentaire	118
9	Définition des simulations	119
9.1	Les simulations de référence	119
9.2	Des variations dans les scénarios	121
9.2.1	Simulations avec variation des conditions initiales	121
9.2.2	Simulations avec des dynamiques différentes	122
9.2.3	Valeurs des paramètres des simulations	123
9.3	Observation des simulations	123
9.3.1	Production	123
9.3.2	Rencontres	124
9.3.3	Apprentissage	125
10	Simulations au hasard	126
10.1	Déroulement d'une simulation de base	126
10.1.1	Nombre de bêtes et disponibilité	126
10.1.2	Rencontres	128
10.1.3	Apprentissage	131
10.2	Quelques variations de données initiales	132
10.2.1	Variation du nombre de bêtes au départ	132
10.2.2	Variation de la taille des terres	134
10.2.3	Remise à niveau de la ressource	135
10.2.4	Accès à l'eau	136
10.3	Des données hétérogènes pour les agents	138
10.3.1	Nombre de bêtes au départ hétérogène	138
10.3.2	Des accès hétérogènes	138
10.3.3	Influence de l'ordre d'arrivée	140
10.4	Perturbations	143

10.5 Conclusion	143
11 Simulations à priorité aux coûts	145
11.1 Déroulement d'une simulation de base	145
11.1.1 Nombre de bêtes et disponibilité	145
11.1.2 Rencontres	146
11.1.3 Apprentissage	152
11.2 Quelques variations de données initiales	154
11.2.1 Variation du nombre de bêtes au départ	154
11.2.2 Variation de la taille des terres	154
11.2.3 Remise à niveau de la ressource	154
11.2.4 Accès à l'eau	158
11.2.5 Constante d'apprentissage	158
11.2.6 Durée d'apprentissage	161
11.3 Des données hétérogènes pour les agents	163
11.3.1 Nombre de bêtes au départ hétérogène	163
11.3.2 Des accès hétérogènes	164
11.3.3 Hétérogénéité des coûts	165
11.3.4 Influence de l'ordre d'arrivée	169
11.4 Perturbations	169
11.5 Conclusion	171
12 Simulations à priorité aux liens	174
12.1 Simulations de base	174
12.1.1 Nombre de bêtes et disponibilité	174
12.1.2 Rencontres	176
12.1.3 Apprentissage	178
12.2 Quelques variations de données initiales	179
12.2.1 Variation du nombre de bêtes au départ	179
12.2.2 Variation de la taille des terres	179
12.2.3 Remise à niveau de la ressource	180

12.2.4	Accès à l'eau	180
12.2.5	Constante d'apprentissage	183
12.2.6	Durée d'apprentissage	183
12.3	Des données hétérogènes pour les agents	183
12.3.1	Nombre de bêtes au départ hétérogène	183
12.3.2	Des accès hétérogènes	186
12.3.3	Influence de l'ordre d'arrivée	188
12.4	Perturbations	190
12.5	Conclusion	193
13	Discussion	194
13.1	La synthèse des résultats	194
13.1.1	Usage de la ressource au niveau global	195
13.1.2	Rencontres	198
13.1.3	Différence d'apprentissage	199
13.2	Interprétation	201
13.2.1	Flexibilité et capacité de charge	201
13.2.2	Des externalités qui n'assurent pas la coordination	203
13.3	La confiance et le lien	205
III	L'action de l'individu et son appartenance au collectif : le terrain de l'Extrême-Nord du Cameroun	207
14	Le séjour à l'Extrême-Nord du Cameroun	208
14.1	Questions et méthode	209
14.2	Les activités menées	209
14.3	Villages et populations	210
14.4	Visions différentes et points communs	212
15	Relations individuelles des éleveurs	215
15.1	Les échanges les plus habituels : vente et services	215

15.2	Anticiper d'éventuels conflits et les résoudre	218
15.2.1	Dégâts sur les récoltes	218
15.2.2	Relation au berger	220
15.3	Conclusion	222
16	Une observation accrue qui donne un sens social aux relations	223
16.1	Comportements attendus vis-à-vis des autorités	223
16.1.1	Des normes de comportement...	223
16.1.2	... plus ou moins respectées	224
16.1.3	Ni pur intérêt, ni simple norme	226
16.2	Se rendre visible	227
16.2.1	Une présence ostensible	227
16.2.2	Amitiés et mariages	228
16.3	Conclusion	230
17	Discussion : confiance et contexte	231
17.1	Créer la confiance et obtenir des garanties	231
17.2	La confiance comme angle d'approche de la réalité vécue	234
17.2.1	Légitimité de la différenciation « trust » et « confidence » ?	234
17.2.2	Perception de l'institution et action	235
IV	Simulations multi-agents et échanges non-marchands	
	(Modélisation de la réputation dans un groupe)	238
18	Description du modèle	239
18.1	Cadre théorique	240
18.2	Objectifs	242
18.3	Le modèle	243
18.4	Agents et déroulement du tour	244
19	Définition des simulations	250
19.1	Différentes simulations	250

19.1.1	Les simulations de référence	250
19.1.2	Simulations à processus de choix hétérogènes	251
19.1.3	Simulations à processus de choix évoluant	252
19.1.4	Les paramètres fixés pour chaque simulation	253
19.2	Observation des simulations	254
19.2.1	Individuel	254
19.2.2	Global	255
19.2.3	Explication des paramètres d'observation	255
20	Les simulations de référence	258
20.1	Les dons et la réputation	258
20.2	Le rang et son évolution	258
20.2.1	Sociétés homogènes à grande variabilité	259
20.2.2	Apparition d'une élite peu stable	262
20.2.3	Une instabilité due à trop de motivation pour le prestige	268
20.3	Formes de sociétés : critères différenciants et typologie	268
21	Simulations à populations hétérogènes fixées	272
21.1	Des motivations différentes	272
21.1.1	Choix de l'écart de motivation significatif	273
21.1.2	Une élite d'indifférents au prestige entraînés par les autres	274
21.1.3	Une élite visible et stable si une majorité sont encore peu motivés par le prestige	275
21.1.4	Instabilité quand une population importante est motivée par le prestige	280
21.2	Des estimes différentes	281
21.2.1	Choisir l'écart d'estime significatif	282
21.2.2	Les rares agents de haute estime constituent une élite stable	282
21.2.3	Un groupe important d'agents à haute estime rend difficile l'observation de l'hétérogénéité	284
21.3	Apport de l'hétérogénéité	285

22 Simulations où les critères de choix des agents évoluent	289
22.1 Simulations à estime variable	290
22.1.1 Evolution de l'estime	290
22.1.2 Forme de la société	295
22.2 Simulations à motivation variable	297
22.2.1 Evolution de la motivation	297
22.2.2 Forme de la société	300
22.3 Apports de l'évolution des caractéristiques	304
22.3.1 Estime mouvante	304
22.3.2 Motivation mouvante	307
22.3.3 Comparaisons	308
23 Discussion	310
23.1 Une grande variété de résultats	310
23.1.1 Complexité des résultats	310
23.1.2 Influence des paramètres	315
23.2 Agent autonome et « représentations sociales »	317
23.2.1 Des individualités	317
23.2.2 Un fonctionnement collectif	317
23.3 Interprétation et intérêt des résultats	318
23.3.1 Représentations et valeurs	318
23.3.2 Sociétés du don	319
V Discussion	321
24 Confiance et représentations pour des agents artificiels	322
24.1 La confiance comme valeur	322
24.1.1 Donner un rôle à la confiance	323
24.1.2 Discussions sur la représentation par les coûts	324
24.2 Modélisation dans un système distribué	327
24.2.1 Hétérogénéité ou agent représentatif?	327

24.2.2	Apparition d'un ordre	328
24.2.3	Systèmes multi-agents et expérimentations sur les valeurs	331
24.3	Méthode et usages	332
24.3.1	Choix du système multi-agent et validation	332
24.3.2	Application : apparition de la confiance	334
25	Conclusion	337
VI	Bibliographie	342

Table des figures

1-1	Schéma représentant la zone d'étude dans la région de l'Extrême-Nord du Cameroun (inspiré de plusieurs cartes).	30
1-2	Localisation de la région de l'Extrême-Nord du Cameroun sur le continent Africain.	31
5-1	Un agent est considéré comme autonome dans la mesure où il est capable de prendre une décision indépendante en fonction des informations reçues.	83
8-1	Les caractéristiques de l'univers et les méthodes qui coordonnent les actions des agents.	111
8-2	Les trois classes d'agent. Le lien signifie ici que les deux agents peuvent être respectivement des attributs les uns des autres.	112
8-3	Caractéristiques des objets du modèle : deux sous classes d'Accord et une classe Jugement.	112
8-4	Déroulement d'un pas de temps	113
8-5	Réponse d'un chef lors d'une demande d'accès.	116
8-6	Réponse d'un sédentaire en fonction de la proposition d'accord d'un transhumant. Le nombre maximum d'accord qu'un sédentaire peut proposer dépend de sa disponibilité : si elle est inférieure à 30, il peut accepter un troupeau, sinon, il peut en accepter trois. Refuser un accès pour le sédentaire revient à envoyer un accord ou la quantité d'accès est nulle.	116
8-7	Le bilan de production d'un transhumant à la fin du tour.	117
9-1	Les valeurs des paramètres au début de la simulation.	120

10-1	Nombre de bêtes dans l'univers et la somme de la disponibilité pour tous les sédentaires sur 400 pas d'une simulation au hasard. L'équilibre est vite atteint et il n'y a que très peu de variations. La ressource est dégradée au départ puis subit toujours de légères variations.	127
10-2	Disponibilité de la terre de trois sédentaires sur 400 pas de simulation au hasard (le nombre de bêtes qui peuvent être reçues). La ressource varie beaucoup pour chacun (ici on a une simulation où la taille des terres est de 100).	128
10-3	Nombre de sédentaires connus en moyenne par les agents, sur 120 pas de simulation.	129
10-4	Nombre de refus opposés à l'ensemble des transhumants dans une simulation au hasard : il diminue un peu en moyenne puis reste très variable, dans un ordre de valeurs constant.	130
10-5	Erreur d'évaluation par les transhumants des coûts des sédentaires qu'ils connaissent : dans la phase d'apprentissage, il y a une sous-estimation qui devient une surestimation, dès que suffisamment de sédentaires ont été rencontrés.	132
10-6	Nombre de refus qui sont opposés au transhumants au total, en parallèle de ceux dus uniquement à un trop grand nombre de demande. Cette raison est la seule qui subsiste à partir du 100ième pas de simulation.	133
10-7	Le nombre de bêtes est équivalent au bout de 150 pas de simulation, quel que soit le nombre initial.	133
10-8	Tant que le nombre de bêtes augmente, l'écart entre le plus petit et le plus grand est important.	134
10-9	Le nombre de bêtes à la fin dépend directement de la taille des terres au départ. Il en est de même de la disponibilité finale.	135
10-10	La remise à niveau de la ressource ne change rien à l'équilibre déjà atteint.	136
10-11	A partir de 5 accès à l'eau, la taille des troupeaux n'est plus influencée par le nombre d'accès à l'eau	137
10-12	Dans les simulations où une inégalité de taille est créée artificiellement entre les troupeaux au départ, l'écart ne persiste pas.	137
10-13	Il y a plus de bêtes quand la ressource est répartie de façon homogène dans l'univers.	138

10-14	L'hétérogénéité des terres induit un plus grand écart de taille entre les troupeaux	139
10-15	La terre est moins dégradée si elle est répartie de façon hétérogène.	140
10-16	Il y a une différence nette entre les premiers arrivés et les derniers, pour le nombre de bêtes à la fin, dans les simulations au hasard.	141
10-17	La représentation des derniers arrivés est beaucoup plus fautive que celle des premiers agents, ce qui est dû au fait qu'ils reçoivent plus de refus.	142
10-18	Les agents qui ont le plus petits troupeau arrivent en moyenne en 25ième position, tandis que ceux avec le plus gros arrivent en moyenne en 5ième position.	142
11-1	Disponibilité de la terre (en nombre de bêtes supportables au total) et nombre de bêtes présentes effectivement, sur 800 pas de temps : le nombre de bêtes reste toujours faible comparé à la terre disponible au départ.	146
11-2	Le nombre de bêtes reçues et la disponibilité d'un sédentaires : certains séden- taires ne reçoivent ainsi plus aucune demande, à partir du moment où les trans- humants font leur demande au moins cher.	147
11-3	Nombre de refus reçus par l'ensemble des transhumants sur 250 pas de temps : il y a une augmentation très importante au moment où les transhumants choisissent avec une priorité aux coûts.	148
11-4	Nombre de bêtes reçues par un sédentaire peu cher dans un village cher. Il n'en reçoit aucune pendant environ 30 pas de temps après le changement de logique, puis est par la suite sans cesse sollicité, quand les transhumants demandent de nouveau accès dans son village.	149
11-5	Le nombre de troupeaux reçus dans les villages pendant 90 pas de temps, incluant le moment du changement de logique. A ce moment : 3 villages reçoivent toutes les demandes pendant que les autres sont abandonnés. Au bout de 12 pas de temps, la répartition des demandes devient plus homogène, et certains chefs abandonnés deviennent plus sollicités. Ici, un des villages ne reçoit plus un seul transhumant jusqu'à la fin de la simulation.	150

11-6	Schéma des relations d'un transhumant pendant 400 pas de temps pour une simulation à priorité aux coûts. Chaque point marqué signifie qu'à la date en abscisse, le transhumant a rencontré le sédentaire dont le nom a la valeur de l'ordonnée. Il y a une très grande stabilité dans certaines relations, et certains villages peuvent être totalement abandonnés (comme on le voit sur les 100 derniers pas de temps).	151
11-7	Nombre total de bête et disponibilité globale en fonction de la taille des terres fixée au départ (moyenne sur 25 simulations de 400 pas de temps). Il y a une corrélation nette avec la taille des terres pour les deux valeurs.	155
11-8	Ecart maximal moyen entre les troupeaux (pour 25 simulations) en fonction de la taille des terres. Il y a corrélation positive.	155
11-9	Nombre de bêtes au total et disponibilité globale sur 400 pas de temps dans une simulation où la ressource est remise à niveau au bout de 150 pas de temps : même s'il existe un meilleur usage de la ressource pendant quelques pas de temps, il n'y a pas de transformation de la dynamique sur le long terme.	156
11-10	L'erreur des transhumants sur 250 pas de temps (moyenne sur 25 simulations) en fonction de la valeur de la constante d'apprentissage : on constate son impact important sur les représentations.	158
11-11	Nombre de bêtes total dans l'univers sur 250 pas de temps en fonction de la constante : on constate que sur le long terme, la valeur de la constante d'apprentissage n'a pas d'influence globale.	159
11-12	Valeur de la disponibilité totale en fonction de la constante d'apprentissage sur 250 pas de temps : peu de différences.	159
11-13	Ecart maximal entre les tailles de troupeaux au bout de 400 pas de temps (moyenne sur 25 simulations) en fonction de la constante d'apprentissage : l'inégalité augmente avec la constante.	160
11-14	Nombre de bêtes dans l'univers au bout de 400 pas de temps (moyenne sur 50 simulations) : la durée de la découverte au hasard n'est pas un facteur différenciant quand il dépasse 10 pas de simulation.	162

11-15	Le nombre de bêtes de chacune des moitiés de la population quand il est hétérogène au départ. Dès le 50ième pas de temps, le nombre moyen de bêtes est équivalent.	163
11-16	Le nombre de bêtes total au bout de 400 pas de temps (moyenne sur 50 simulations) en fonction des écarts de coûts entre les villages pour l'accès à l'eau indique que des écarts trop importants sont dommageables pour le système.	166
11-17	Nombre de sédentaires différents rencontrés à partir du 50ième pas de temps : les écarts de coûts à l'eau importants rendent plus rare la mobilité des transhumants.	166
11-18	Nombre de bêtes après 400 pas de temps (moyennes sur 25 simulations) en fonction des écarts de coûts entre les sédentaires : ceux-ci influencent la production.	167
11-19	Relation nette entre le nombre de sédentaires rencontrés après le 100ième pas de temps, et le nombre de bêtes à la fin : la mobilité rend meilleure la survie.	167
11-20	Erreur globale des transhumants au bout de 400 pas de temps (moyenne sur 50 simulations) en fonction de leur ordre d'arrivée auprès des sédentaires : les représentations sont plus fausses pour les derniers arrivés.	168
11-21	Le nombre de bêtes de chaque transhumant au bout de 400 pas de temps (moyenne sur 50 simulations), en fonction de son ordre d'arrivée : il n'y a pas de différence détectable.	168
11-22	Nombre de bêtes total sur 400 pas de temps dans trois simulations typiques, en fonction du nombre de villages perturbés : il y a des conséquences à long terme uniquement si des troupeaux disparaissent.	170
11-23	Accords conclus par un transhumant pendant 400 pas de temps, tandis que la perturbation a lieu du 100 ième au 150 ième pas de temps. Le transhumant change certaines de ses relations et en conserve d'autres.	171
11-24	Refus reçus par un transhumant pour une simulation de 400 pas de temps où les perturbations ont lieu du 100ième au 150ième pas de temps. Ainsi, dans les simulations à priorité aux coûts, il arrive qu'un transhumant ne change pas ses demandes malgré un nombre répété de refus.	172

11-25	Nombre moyen de rencontres régulières pour l'ensemble des transhumants dans une simulation de 400 pas de temps où la perturbation est du 100 ^{ième} au 150 ^{ième} pas de temps.	172
12-1	Disponibilité et nombre de bêtes total sur 400 pas de temps pour une simulation à priorité aux liens : la disponibilité en ressource diminue, limitant le nombre de bêtes total qui augmente légèrement sur de longues périodes.	175
12-2	Moyenne sur 10 simulations des écarts entre plus gros et plus petits troupeaux qui durent 400 pas de temps : la tendance est à l'augmentation.	175
12-3	Relations d'un transhumant dans une simulation à priorité aux liens sur 400 pas de temps : elles sont très stables mais réparties entre un grand nombre de sédentaires, dans au minimum 7 des 8 villages.	176
12-4	Nombre de sédentaires qui ne reçoivent aucune demande à chaque pas de temps sur 250 : il chute quand les transhumants choisissent avec une priorité aux liens.	177
12-5	Refus reçus par l'ensemble des transhumants au cours du temps (moyenne sur 10 simulations) sur 250 pas de temps : on constate une chute importante au moment où les transhumants choisissent avec priorité aux liens.	177
12-6	Nombre de bêtes sur 400 pas de temps dans 4 simulations où le nombre de bêtes au départ est différents, pour une taille de terres données : il y en a toujours à peu près le même nombre à la fin.	179
12-7	Nombre de bêtes et disponibilité après 400 pas de simulation (moyenne sur 10 simulations) : elles sont clairement liées à la taille des terres.	180
12-8	Un exemple typique de l'évolution du nombre de bêtes et de la disponibilité sur 400 pas de temps dans une simulation où la ressource est remise à niveau au bout de 150 pas de temps : ceci n'a pas d'influence sur la dynamique à long terme.	181
12-9	Nombre de bêtes au total et disponibilité de la ressource au bout de 400 pas de temps (moyenne sur 50 simulations) en fonction du nombre d'accès à l'eau par village. La ressource en terre est plus dégradée quand il y a plus d'accès à l'eau, alors qu'elle l'est moins quand il y en a très peu.	182

12-10	Nombre de bêtes sur 400 pas de temps en fonction du temps de hasard (la courbe la plus sombre représente une simulation intégralement au hasard) : pour une durée de hasard supérieure à 20 pas de temps, le déroulement des simulations est à peu près équivalent (et toujours une moins bonne production qu'au hasard).	184
12-11	Nombre de bêtes quand les accès à la terre sont répartis de façon hétérogène ou homogène : à taille globale équivalente, l'homogénéité des terres permet que plus de bêtes survivent.	185
12-12	Nombre de bêtes pour deux simulations avec le même nombre total d'accès mais l'une ou les accès sont répartis de façon homogène et l'autre où ils sont répartis de façon hétérogène.	187
12-13	Disponibilité en terre pour deux simulations typiques : une pour les cas où le nombre d'accès à l'eau est équivalent dans tous les villages et l'autre pour une répartition hétérogène. Dans ce dernier cas, la ressource est plus dégradée. . . .	187
12-14	Nombre de bêtes par transhumant au bout de 400 pas de temps, classés dans leur ordre d'arrivée. Les transhumants qui arrivent toujours en dernier sont légèrement avantagés par cette situation.	189
12-15	Nombre de sédentaires rencontrés par chaque transhumant du 50ième au 400ième pas de temps : l'ordre d'arrivée a un véritable impact sur les choix de rencontre.	189
12-16	Quel que soit le nombre de villages perturbés, il y a toujours le même nombre de bêtes en tout dans l'univers	190
12-17	Nombre de troupeaux accueillis pour l'ensemble des villages non perturbés et des villages perturbés : la différence pendant la période de refus systématiques n'est pas très importante.	191
12-18	Les accords passés par un transhumant pendant 400 pas de temps d'une simulation où les sédentaires refusent systématiquement les accès.	192
13-1	Relation entre la taille des terres et le nombre de bêtes. La concurrence que l'on peut observer, et qui réduit la production, est plus importante quand il y a régularité dans les relations.	197

13-2 Résultats des deux types de simulations où l'on voit le nombre de bêtes et la disponibilité et les relations au cours du temps : à gauche les agents choisissent avec priorité aux liens et à droite avec priorité aux coûts.	199
18-1 Définition de l'univers.	245
18-2 Deux classes d'agents et une classe d'objets dans l'univers.	245
18-3 Le déroulement d'un pas de temps.	246
18-4 Choix de la stratégie pour un agent.	248
18-5 Travail éventuel pour un agent.	249
18-6 Bilan des réputations par le groupe.	249
20-1 Nombre de dons de partage et de prestige en moyenne à chaque tour de simulation, en fonction de l'estime des agents. Le saut quantitatif que l'on constate induit une différence qualitative, passant d'une société sans don à une société très active.	259
20-2 Nombre de dons de partage et de prestige qui circulent en moyenne à un pas de simulation, pour une simulation où l'estime des agents est 6. Dans la plupart des simulations, il circule plus de dons de partage que de dons de prestige dans le groupe. Quand la motivation pour le prestige est au-delà de 9, la situation s'inverse.	260
20-3 Evolution du rang de deux agents dont les résultats sont représentatifs sur 1000 pas. Non seulement la position dans le groupe n'est pas stable, mais en plus c'est entre des rangs extrêmes que les agents évoluent.	261
20-4 Relation entre les réputations de prestige et de partage des agents quand l'estime est basse. On n'identifie pas de groupe en termes de réputation.	262
20-5 La réputation de partage par rapport à celle de prestige pour l'ensemble du groupe, pour une estime de 8 et une motivation de 5. Un groupe se détache, caractérisé par la haute réputation de prestige et la basse réputation de partage de ses membres.	263
20-6 Rang de deux agents sur 1000 pas de temps. Pour changer de rang de façon radicale, il faut plus de 100 pas de temps.	263

20-7	Réputation de partage en fonction de celle de prestige pour l'ensemble du groupe. Une élite de 2 se distingue, et un groupe homogène reste avec peu de prestige. Un groupe intermédiaire est constitué de ceux qui passent de l'un des groupes à l'autre et peut compter jusqu'à 8 agents.	264
20-8	Cette répartition des dons de prestige dans le groupe montre une situation stable où le groupe de tête reste sur une longue période à la tête et reçoit presque tous les dons.	265
20-9	Nombre de dons de prestige reçus dans les 25 derniers pas de temps. Certains agents sont dans les derniers rangs au tour où la valeur est mesurée, alors que le nombre de dons de prestige qu'ils ont reçus est plus élevé que celui des agents proches en rang. Cela indique que dans les 25 derniers pas de temps ils ont eu un rang prestigieux et montre la grande instabilité de la situation.	266
20-10	Nombre de dons de partage reçus dans une population homogène (motivation pour le prestige de 8 et compétence de 5). On repère les agents ayant eu un haut rang dans les 25 derniers pas de temps au fait qu'ils ont reçu beaucoup moins de dons de partage que les autres.	267
20-11	Nombre de dons de partage reçus sur les 25 derniers pas de temps. Les agents qui sont au plus haut rang ne sont pas ceux qui en ont reçu le moins, ce qui indique qu'ils sont à ce rang depuis peu de temps.	267
21-1	Réputation de partage par rapport à celle de prestige pour l'ensemble du groupe. Le seul agent qui a une motivation au prestige élevée (et qui est signalé par un point carré) n'est pas celui qui a la plus haute réputation de prestige dans le groupe.	275
21-2	Réputation de partage en fonction de la réputation de prestige pour l'ensemble des agents, alors que peu d'entre eux sont motivés par le prestige. Des agents peu motivés peuvent également appartenir à l'élite, mais de façon très ponctuelle (contrairement aux candidats au prestige). Comme ils font eux-mêmes peu de dons de prestige, on peut penser qu'ils sont « entraînés » par les dons reçus des autres.	276

21-3 Réputation de partage en fonction de la réputation de prestige quand dix agents sont motivés par le prestige. Trois agents se détachent de façon presque permanente, et cinq autres sont dans une position intermédiaire.	277
21-4 Evolution du rang de deux agents candidats au prestige sur 1000 pas de temps dans une simulation où dix agents sont candidats au prestige. L'un appartient à l'élite de façon très stable, tandis que l'autre ne parvient jamais à y pénétrer.	277
21-5 Dons de prestige reçus sur 25 pas de temps quand dix agents sont candidats au prestige. Dans cette période, cinq agents se sont nettement distingués des autres.	278
21-6 Répartition des dons de partage sur 25 pas de temps : onze agents du groupe de tête n'en reçoivent pas. Ceci montre deux choses : que ceux-ci sont restés proches de l'élite pendant ce laps de temps et que les premiers agents font très peu de dons de partage (ceux en dessous ne sont jamais touchés).	279
21-7 L'évolution des rangs de deux agents : l'un motivé par le prestige et l'autre qui y est indifférent. Plus qu'une moyenne de rang qui serait inférieure à celle de l'indifférent, le candidat au prestige se différencie par une courbe qui tend vers les premiers rangs tandis que l'autre tend vers les derniers.	280
21-8 Répartition des dons de prestige reçus sur 25 pas de temps en fonction du rang. Les agents qui reçoivent le plus de dons sont toujours des agents motivés par le prestige.	281
21-9 Répartition des réputations des agents quand le groupe est divisé en deux populations à estime différente avec motivation de 8. Les agents peu sûrs ne pénètrent jamais dans l'élite mais peuvent à l'occasion être mieux placés que des agents très sûrs d'eux.	283
21-10 Réputations de prestige et de partage pour des agents dont la motivation pour le prestige vaut 5. Les agents à haute estime ne sont pas les seuls dans l'élite.	284
21-11 Le rang de deux agents sur 1000 pas de temps : un agent sûr de lui et un à basse estime. Il n'y a pas de différence visible dans la forme des courbes, seule la moyenne des rangs des agents à haute estime permet de les différencier des autres.	285

22-1	Evolution de l'estime des agents des 20 premiers rangs pendant 1000 pas de temps, pour des simulations où la motivation pour le prestige est de 5 et l'estime initiale de 4. Les agents ont tous une estime qui chute très vite.	291
22-2	Evolution de l'estime des agents des 20 derniers rangs pendant 1000 pas de temps, pour des simulations où la motivation pour le prestige est de 5 et l'estime initiale de 6. Même les agents des plus bas rangs ont une estime qui ne chute jamais sans remonter très vite.	292
22-3	Evolution de l'estime des agents des 20 premiers rangs pendant 1000 pas de temps, pour des simulations où la motivation pour le prestige est de 4 et l'estime initiale de 6. Les agents ont tous une estime qui oscille sans se stabiliser.	293
22-4	Evolution de l'estime des 20 premiers agents sur 1000 pas de temps, pour une simulation à motivation pour le prestige de 8 et une estime initiale de 4. Seulement 5 agents conservent de façon stable une haute estime.	294
22-5	Relation entre la réputation de partage et de prestige pour les agents, qui ont tous une estime assez élevée. Une élite de quatre agents se différencie en permanence.	295
22-6	Evolution du rang pour deux agents qui appartiennent parfois à l'élite dans une simulation à estime mouvante valant initialement 6, pour une motivation pour le prestige de 5. Il n'y a qu'une faible stabilité de l'élite.	296
22-7	Relation entre la réputation de prestige et de partage pour les agents dans une simulation où l'estime évolue en partant de 4 et où la motivation pour le prestige vaut 8. Une élite bien distincte (et qui se révèle très stable) est constituée par 4 des 6 agents à haute estime.	297
22-8	Evolution du rang de trois agents au cours d'une simulation à estime variable débutant à 4 pour une motivation au prestige de 8. Les six agents à estime haute restent de façon tout à fait constante dans l'élite une fois qu'ils y ont pénétré dans les premiers pas de temps. Les agents à basse estime peuvent parfois être dans les 10 premiers rangs mais n'y restent jamais.	298
22-9	Dons de prestige reçus sur 25 pas de temps par les agents : la différenciation est très nette entre une élite stable et un ensemble d'agents qui ne reçoivent que peu de dons.	299

22-10	Motivation au prestige moyenne de la population pour une constante de 9 en fonction de l'estime. Pour que cette motivation se maintienne, il faut un minimum d'estime dans le groupe.	301
22-11	Nombre de candidats au prestige dans une population où la constante vaut 9 : ce nombre dépend de l'estime des agents.	301
22-12	Réputation de partage par rapport à la réputation de prestige pour un simulation où l'estime vaut 5 et la constante 9. Une minorité d'agents reste motivé par le prestige pendant de longue périodes, ce qui leur permet de former une élite qui se renouvelle lentement.	302
22-13	Evolution du rang de deux agents dans une simulation où la constante vaut 9 et l'estime vaut 5. Les deux passent chacun une longue période avec un rang élevé : pendant ce temps, leur motivation au prestige reste importante, puis elle chute.	303
22-14	Réputation de partage par rapport à la réputation de prestige dans une simulation où la constante vaut 9 et l'estime vaut 8. L'élite est bien différenciée et constituée d'agents candidats au prestige. Il n'y a que très peu d'agents qui ne soient pas motivés par le prestige.	304
22-15	Evolution du rang de trois agents sur une période de 1000 pas de temps pour une simulation où l'estime vaut 8 et la constante 9. On observe une très grande stabilité de rang pour les agents de l'élite, motivés par le partage, mais également, une grande position pour les agents les moins motivés par le prestige qui restent parfois longtemps dans les plus bas rangs.	305
22-16	Evolution de la société quand l'estime varie, en fonction de la motivation pour le prestige.	306
22-17	Bilan de l'évolution de la société en fonction de l'estime initiale et de la constante de changement de la motivation.	307

23-1 Quatre grandes catégories de sociétés. En haut des sociétés à populations homogènes : la motivation pour le prestige et l'estime, en étant différentes, font apparaître des sociétés de partage (à gauche) ou des sociétés à élites distinctes mais peu stables. En bas, des sociétés à populations différenciées, où les élites formées sont principalement formées par les populations prédéfinies qui ont des chances d'y appartenir du fait de leurs caractéristiques, mais peuvent être approchées par les autres (à gauche la différenciation se fait par la motivation pour le prestige, à droite par l'estime). 312

23-2 Quatre formes de sociétés (réputation de prestige par rapport à celle de partage) lorsque sont mis en place les processus de rétroaction. Quand ces processus fonctionnent, on constate des répartitions très différentes des critères de choix dans le groupe. Si l'estime évolue, il y a très peu de cas de différenciation d'estime pour une partie de la population (comme en bas à gauche) et c'est la seule simulation où une élite complètement stable se met en place. Sinon (en haut à gauche) le groupe est homogène et on retrouve les situations observées pour des critères fixes. Les simulations où la motivation évolue font apparaître des groupes clairement différenciés plus fréquemment, selon deux schémas : une majorité d'agents sont motivés par le prestige et les peu motivés le sont de façon stable (auquel cas, un enthousiasme généralisé est observable : en haut à droite); seulement une minorité est motivée par le prestige et crée une élite (mais dans ce cas, il reste possible aux agents de changer de motivation, sur de très longues échelles temporelles : en bas à droite). 313

Remerciements

A Alain Pavé pour avoir accepté de diriger cette thèse et d'être président du jury.

A Pierre Livet et Scott Moss pour avoir accepté d'être rapporteurs.

A François Bousquet, Niels Röling pour leur participation au jury de soutenance.

A Martine Antona, François Bousquet, Jean Boutrais, Christian Mullon, Martin O'Connor, Alain Pavé et Jacques Weber pour m'avoir encadrée pendant ces trois années.

A Mélanie Requier-Desjardins qui m'a fait découvrir la brousse.

A François Bousquet pour m'avoir conseillée depuis le stage de DEA.

A Martin O'Connor pour avoir travaillé sur le modèle des dons.

A Olivier Barreteau, Christophe Lepage, Innocent Bakam, Ani Takforian, Emmanuel Lieurain, Philippe Guizol, Didier Babin, Christophe Maldidier, Guillaume Lescuyer, Pierre Bommel, Muriel Bonin, Hubert Proton, Bruno Locatelli, Alassane Bah et Stanislas Boissau et qui ont tous partagé mon espace de travail et m'ont souvent donné des conseils éclairants.

A Olivier Gutknecht, grand chantre des systèmes multi-agents, avec qui les discussions sont toujours aussi drôles qu'intéressantes.

A tous les relecteurs du tapuscript, à ses diverses étapes.

A Birue et NJidda pour avoir traduit l'ensemble de mes entretiens et travaillé avec moi malgré leur étonnement.

Au Lawan de Kolara pour son accueil.

A tous les habitants de la brousse, mais aussi aux amis de Maroua et à Maurice et Oumar, chauffeurs du CEDC, pour m'avoir fait comprendre ce que la confiance signifiait pour eux.

A Hans Bauer, sans qui la vie à Maroua n'aurait certainement pas été aussi agréable et enrichissante.

A Jean-Marc Lanlignel sans qui le tapuscrit ne serait pas aussi joli.

A Alain Albert, pour les discussions virtuelles et lointaines que nous avons menées et pour m'avoir donné la thèse de Steve Marsh, sans laquelle je n'aurais certainement pas pu approfondir autant la question de la confiance.

A Jean-Luc Bonnefoy pour avoir posé des questions embarrassantes au bon moment.

A David Hales, Babak Esfandiari, Eric Batard, Alexis Drogoul, Pierre-Yves Raccach, Terry Payne, Madina Querre, Véronique Ancey, Dominique Lestel, Helder Coelho et à tous ceux avec

qui j'ai eu à l'occasion des discussions, orales ou par e-mail, sur l'intelligence (plus ou moins) artificielle, la confiance au Sahel et d'autres sujets divers.

A Steve Marsh et Niklas Luhmann pour leurs travaux précis sur la confiance.

A Alain Cottereau qui ne me connaît pas mais m'a fait confiance en me prêtant un jour un ouvrage important.

Aux auteurs cités en général pour m'avoir aidé à penser un peu mieux.

A André Fernandez pour sa présence chaleureuse et quotidienne.

A Nicolas et Maxence, Jean-Marc, Nadjet, Olga et François, Stéphane, Naomi et Ben, Cécile, Ghanem, Caitlin, Viviane, Florence, Iris, Gabriel, Jean-Baptiste, Elodie, Raphaël, Thomas, Joffrey, Corinne, Lidwine, Fred, Errol, Bénédicte et Pascal, les nombreux Olivier, Hugues, Pierre-Yves, France, Christophe, Brett et Marianne, Monica et Philippe, Claude, Estienne pour avoir été là.

A Marc, Claude, André, Philippe, Françoise, Laurent, Séverine, Jean-Louis, Martine, Hélène, Jacques, Vincent, Robin, Laurent, Arnold, ainsi qu'à Sensei Saotome, sans qui je ne serais pas forcément restée centrée.

A mes parents.

De toute façon, je n'ai jamais bien su remercier...

*« Un triste écrivain qui se croit maître de la réalité est une chose
ridicule. Ah ! ah ! ah ! Ouf ! »*

Witold Gombrowicz, Cours de philosophie en six heures un quart.
Rivages Poche. 1995.

*« Qu'est qu'une pensée ? Un phénomène qui trahit un esprit - son
cadre - et ce que ce cadre désirait. »*

Henri Michaux, Un Barbare en Asie. Gallimard.

Avant-propos

Ce mémoire expose une thèse qui résulte d'un travail effectué au CIRAD dans l'équipe GREEN, appartenant au département TERA. Cette équipe interdisciplinaire rassemble des écologues, des économistes et des modélisateurs qui travaillent sur le thème des interactions entre nature et société, et en particulier sur celui des ressources renouvelables et leurs modes d'appropriation par les populations qui les exploitent.

Le travail de recherche a été effectué dans le cadre d'un travail interdisciplinaire, pour lequel deux thésardes ont été réunies, Mélanie Requier-Desjardins, économiste, et moi-même. La constitution de cette équipe de doctorantes correspond au souhait, très présent dans l'équipe GREEN, de voir se multiplier les angles de vue sur un même sujet, afin d'en affiner l'analyse.

Deux parties du mémoire présentent les résultats que j'ai tirés de ce travail commun de modélisation et de terrain. Le système multi-agent construit l'a été sous l'inspiration de résultats précédents de Mélanie Requier-Desjardins, qu'elle avait obtenu en 1996 par un travail d'enquêtes dans la région de Maroua, à l'Extrême-Nord du Cameroun. Les réflexions élaborées s'inspirent des comportements des éleveurs mobiles, dans cette zone au climat sahélien. Pour la plupart de ces résultats, il est intéressant de se référer également à la thèse de Mélanie Requier-Desjardins, qui développe ces données d'une façon très différente.

Une partie est le fruit d'un travail en commun avec Martin O'Connor, du laboratoire C3ED de Saint-Quentin-en-Yvelines, qui s'intéressait à enrichir les résultats de mon travail de DEA.

Chapitre 1

Introduction : Usage d'une ressource commune à l'Extrême-Nord du Cameroun

La dégradation des terres de parcours est un processus qui a été récemment mis en avant dans la recherche pour le développement et qui se trouve au centre de nombreuses situations problématiques dans les zones arides [Barbier *et al*, 1994]. En général ces terres sont soumises à de multiples usages et sont partagées par plusieurs populations. En particulier, les éleveurs sont ceux qui dépendent le plus directement de cette ressource. Or, face à des situations de désertification, les éleveurs mobiles sont particulièrement accusés d'avoir des pratiques dégradantes pour les pâturages et d'en faire un usage trop intensif. Ces accusations sont peut-être portées à tort [Behnke & Scoones, 1992] : plutôt que les pratiques d'une population, il semble qu'on puisse mettre en accusation des objectifs mal coordonnés [Thébaud, 1995] et des relations qui s'effritent entre les communautés [Gueye, 1994]. Ce constat très discuté pousse à s'intéresser plus précisément à ce qui détermine l'usage des pâturages et en particulier aux comportements qui permettent d'en définir l'accès.

L'approche choisie ici est d'analyser les relations que les hommes entretiennent dans le but d'utiliser de façon concomitante ou coordonnée, les ressources qu'ils partagent [Godelier, 1974]. Les échanges de biens entre les individus sont ici au centre de l'analyse de ces relations, et ont

été étudiés à travers des modélisations dans des systèmes multi-agents, utilisés à des fins de simulations. Le travail décrit ici concerne en particulier les pratiques des éleveurs nomades de la région de l'Extrême-Nord du Cameroun, à la frontière du Tchad (voir les schémas 1-1 et 1-2).

1.1 Une définition du champ : parcours, transhumance et vie en campement

Dans la région de Maroua au Cameroun, où se situe le terrain de ce travail, vivent de nombreux éleveurs. Ceux qui possèdent des troupeaux importants sont pour l'essentiel des Peuls, qui pratiquent la transhumance. Cette ethnie est présente dans une grande part de l'Afrique sahélienne et la pratique de l'élevage est un des traits qui la caractérise [Dupire, 1962a], [Monteil, 1950], [Bierschenk & LeMeur, 1997].

L'habitude des éleveurs qui possèdent des troupeaux assez importants est de ne pas parquer leurs animaux pendant la journée, mais de garder le troupeau toujours mobile. Celui-ci circule le long d'un parcours sous la surveillance d'un berger qui veille à ce que toutes les bêtes s'alimentent suffisamment. Une ou deux fois par jour, les bêtes sont conduites à un point d'eau, et c'est seulement le soir qu'elles regagnent la zone de parage, où elles sont traitées. Le berger, pour pouvoir s'occuper de ses bêtes, a donc besoin qu'il y ait des ressources fourragères de qualité et en quantité suffisante [Boutrais, 1983], mais il a également besoin de trouver des espaces de passage, pour pouvoir aller d'un point d'alimentation à un autre [LeRoy, 1997].

Les terres sur lesquelles les animaux circulent sont appelées « terres de parcours » [Ngaido *et al*, 1996]. En général, ces terres sont des zones qui sont des biens communs pour l'ensemble de la communauté du village sur lequel elles se trouvent. On peut décrire les biens communs comme étant la catégorie de biens dont l'usage par l'un des individus pénalise les autres mais ne peut pas être limité (pour cause d'impossibilité technique ou parce que les coûts d'exclusion seraient trop élevés). On classe en effet les biens selon la concurrence impliquée par leur usage et la possibilité d'y avoir accès, et on peut résumer ceci en un tableau [Ostrom *et al*, 1994] :

FIG. 1-1: Schéma représentant la zone d'étude dans la région de l'Extrême-Nord du Cameroun (inspiré de plusieurs cartes).

FIG. 1-2: Localisation de la région de l'Extrême-Nord du Cameroun sur le continent Africain.

	Rivalité	Non rivalité
Exclusion	Biens privés	Biens collectifs mixtes ¹
Non exclusion	Biens communs	Biens publics purs

Les matières premières que l'on y trouve font l'objet d'une multiplicité d'usages différents, aussi divers que la cueillette, la chasse ou la pâture et sont utilisées par un grand nombre de personnes. En plus de cette brousse, on trouve principalement, à proximité des villages, des champs utilisés par les cultivateurs et qui sont utilisés par la même personne d'une année sur l'autre. En général, il existe autour du village quelques espaces qui sont clairement réservés à l'élevage et laissés pour cela sans culture, les zones de pâturage [Boutrais, 1978].

Selon la saison, et les années, la surface de la terre qui est utilisable pour faire pâturer les bêtes varie beaucoup sur un même terroir. La principale raison est écologique. La région se situe en zone soudanienne : la pluviométrie est assez limitée et très variable, et en général, la saison sèche dure cinq à six mois. Certaines zones ne sont alors qu'occasionnellement utilisables par les bêtes. De plus, les cultivateurs partagent une partie de la brousse avec les éleveurs [Boutrais, 1983]. En saison sèche, c'est l'ensemble de la brousse qui est libre car les cultivateurs n'utilisent pas leurs champs. Pendant une bonne partie de cette saison il reste des résidus non récoltés sur les terres, que les bêtes vont pouvoir manger le long de leur parcours quotidien. On voit d'ailleurs se mettre en place des accords entre les possesseurs de bêtes et les cultivateurs, que l'on appelle « contrats de fumure ». Pour cela, les bêtes sont en général parquées sur le champ, où elles peuvent finir les résidus : la fertilité de la terre est alors entretenue grâce à la fumure. Ce genre d'accord peut être plus ou moins formel. Parfois un éleveur et un cultivateur sont liés de façon régulière d'une année sur l'autre, et le cultivateur donne à l'éleveur une compensation, en argent ou en céréale.

Par contre, dès que les cultivateurs préparent leurs champs et commencent à planter, les bêtes sont obligées de s'éloigner des zones de culture, qui sont souvent les plus proches des villages [d'Aquino, 1996]. Comme la date des cultures dépend du début de la saison des pluies qui varie beaucoup dans la zone sahélienne, les éleveurs ne peuvent pas prévoir longtemps à l'avance quand ils seront relégués aux zones de brousse non défrichées. De plus, les nombreuses migrations d'agriculteurs font que la taille des terres cultivées varie énormément d'une année

¹Par exemple une autoroute.

à l'autre pour le même terroir. Durant les périodes de mise en culture la situation est parfois inconfortable pour les éleveurs, qui craignent que leurs bêtes ne fassent des dégâts. Plutôt que de devoir s'éloigner beaucoup pour atteindre la brousse libre, certains éleveurs préfèrent quitter le village et partir dans une autre zone où de plus grands pâturages sont accessibles.

Une autre raison qui peut pousser les éleveurs à faire partir leurs bêtes d'une zone est d'ordre écologique [de Bruijn & van Dijk, 1994]. En saison sèche, pendant plusieurs mois dans l'année, les mares sont tarées et l'herbe, s'il en reste, n'est plus assez nourrissante pour les bêtes. Pour que celles-ci survivent, les éleveurs ont plusieurs options. Il est possible de garder les animaux dans la même zone en complétant leur alimentation avec des produits achetés sur les marchés, comme par exemple le tourteau de coton. Dans ce cas, il faut en général tirer l'eau du puits, ce qui est souvent assez difficile, en particulier s'il n'y a pas de motopompe.

Dans l'ensemble de la zone sahélienne, il est habituel de distinguer deux populations parmi les Peuls qui pratiquent l'élevage mobile selon qu'ils vivent en campement toute l'année ou qu'ils habitent également dans un village :

Les nomades pratiquent uniquement l'élevage, et ne connaissent que la vie en brousse, même si les habitudes les font s'attacher à une zone. Ces « Peuls de brousse » [Dognin, 1975] se déplacent avec leur troupeau et toute la famille. Il est commun de les désigner par les termes de nomades [Guillaud, 1994], ou de *Mbororos* [Kintz, 1981].

Les « Peuls de village » [Dognin, 1975] cultivent la terre durant une partie de l'année et habitent dans un village, où la famille reste la plupart du temps quand le troupeau se déplace. Ce sont les transhumants [Guillaud, 1994], ou les *Fulbes* [Boutrais, 1995].

Dans la zone de Maroua, on peut distinguer deux autres types d'éleveurs : les pasteurs commerciaux, et les agropasteurs [Moritz, 1994]. Les premiers sont de gros éleveurs qui ont des troupeaux gardés par des bergers et gèrent leurs activités commerciales depuis la ville. Les agropasteurs ne se déplacent jamais, s'occupent de leurs bêtes dans le village, et cultivent leurs champs en parallèle tout au long de l'année [Santoir, 1994].

La limite n'est pas très facile à tracer entre ces quatre populations d'éleveurs de la région. En effet, le choix du départ en transhumance n'est pas systématique chez ceux qui la pratiquent : il dépend en grande partie des conditions climatiques de l'année, des impératifs économiques

et de la taille du troupeau au moment où la décision est prise. Certains éleveurs se remettent à transhumer après avoir vécu des années dans le même village, tandis qu'à l'inverse, certains nomades sont obligés de se sédentariser de façon brutale à la suite de problèmes dans leur troupeau [Bonfiglioli, 1990].

Cependant, la population peule possède en commun une « idéologie pastorale », qui fait que la mobilité des bêtes est une réponse normale à certains types de contraintes [Boutrais, 1994b]. Danièle Kintz fait d'ailleurs référence à une « culture du mouvement » chez les Peuls, qui assimilent la possibilité de se déplacer à la liberté [Kintz, 1981]. La disparition par la fuite est ainsi un moyen tout à fait normal pour les Peuls de se sortir de situations embarrassantes ou inextricables [Gulliver, 1975]². Pouvoir transhumer, pour ces éleveurs, est plus qu'une stratégie de production visant à la survie des bêtes, elle représente une véritable question d'identité et de politique [Burnham, 1975], [Benoit, n.d.].

Cette culture du mouvement se traduit sous la forme de nombreuses habitudes qui ponctuent le cours de la transhumance. En particulier, les éleveurs se déplacent rarement seuls, mais mènent une vie communautaire dans des campements qui regroupent plusieurs troupeaux. Il y a plusieurs raisons pour expliquer que les éleveurs se réunissent en grand nombre. La première est qu'une vie sans la communauté est difficile à concevoir. « L'homme seul n'arrive à rien, tout le dépasse, le bonheur est dans le nombre » [Bonfiglioli, 1990] (page 20). On peut le voir également comme une réponse à des problèmes de sécurité, et surtout du grand nombre de voleurs de bétail [Boutrais, 1978]. Ce phénomène est en partie lié à une culture historique de la razzia qui est encore vivace [Beauvilain, 1989], [Gallais & Sidikou, 1978]. Les regroupements peuvent ainsi constituer une « stratégie anti-attaque » [Spencer, 1973]. Le fait même que les nombreux esprits de la brousse s'attaquent moins facilement à des personnes en groupe fait que l'isolement est peu conseillé [Ogawa, 1994].

Il existe ainsi de très grands campements, en particulier chez les nomades, où les familles entières sont réunies. Ces campements sont assimilables à de véritables « villages de brousse » [Dognin, 1975]. D'autres campements sont plus petits et composés simplement de plusieurs troupeaux accompagnés chacun d'un homme, soit le père de famille seul, soit un berger [Ancey,

²Par exemple, lorsque les quotas sont imposés dans le cadre de certaines politiques pastorales, il est commun de voir les éleveurs séparer leurs troupeaux et les emmener au loin pour les dissimuler [Boutrais, 1994b].

1997]. S'organiser sous cette forme est souvent le choix des éleveurs qui vivent de façon sédentaire une partie de l'année. Ils laissent leurs femmes et leurs enfants au village pour leur éviter la fatigue d'une vie en brousse très éprouvante.

A la tête de chaque campement on trouve un *ardo*. Celui-ci n'est pas un chef politique, mais le plus avisé sur les sujets qui touchent la mobilité des troupeaux, à la fois en ce qui concerne les données écologiques et les relations avec les chefs. La plupart des décisions qui concernent les lieux de séjour et le moment opportun pour les mouvements sont discutées en commun. A l'issue de longues négociations, où chacun apporte son point de vue sur les besoins des bêtes, des informations sur la ressource ou des problèmes d'insécurité qu'il a pu glaner lors de discussions [Welte, 1997], c'est le *ardo* qui prend alors les décisions finales. En tant que responsable du groupe, un bon *ardo* est en général connu dans la brousse.

1.2 Le partage de la brousse comme question sociale

Ainsi, les éleveurs sont très largement dépendants de la ressource fourragère et en eau pour soigner leurs bêtes au cours du temps. Un axe d'analyse fondamental pour l'étude du pastoralisme est ainsi celui de l'agronomie, qui cherche à décrire les pratiques qui entretiennent certains rapports entre les bêtes et la ressource. Notre choix méthodologique a plutôt été d'étudier l'organisation sociale qui coordonne l'usage de la ressource, afin de rendre supportable pour le groupe les pressions du déterminisme naturel [Friedberg, 1992]. Le point de vue choisi s'inspire alors de Maurice Godelier : il s'agit de considérer que le rapport que les hommes entretiennent avec une ressource ne se comprend que si on analyse les rapports entre les hommes à propos de cette ressource [Godelier, 1974].

Les éleveurs transhumants vivent dans un contexte communautaire très important et assez fermé, mais ont également de nombreuses interactions avec les autres populations qui utilisent les mêmes ressources. Dans la zone de Maroua, la brousse autour des villages se remplit durant une partie de l'année, de nombreux campements d'éleveurs nomades. Dans la journée, les bergers partent du campement et promènent leurs bêtes le long des parcours pour qu'elles s'abreuvent et se nourrissent et elles passent donc à proximité des villages où des cultivateurs, qui sont parfois aussi éleveurs, vivent toute l'année.

De façon traditionnelle, dans la zone sahélienne, c'est le rôle du chef de savoir, voire de décider comment sont utilisées les différentes ressources autour de son village ³, car il est responsable de ce qui s'y déroule. Il est en outre responsable de faire régner la justice sur l'ensemble de son territoire [Dognin, 1975]. Par conséquent, toute personne qui souhaite s'installer sur de nouvelles terres, qu'il soit agriculteur ou éleveur, est censé en rendre compte au chef dont dépend la brousse [Bourgeol, 1989]. Souvent le fait de valoriser la terre est une justification suffisante pour pouvoir s'y installer. Ainsi, un cultivateur qui estime que son champ est trop petit peut défricher une zone de brousse pour obtenir des surfaces supplémentaires. Parfois, on considère d'ailleurs que les éleveurs n'ont pas précisément les mêmes droits que les cultivateurs, car leur usage de l'espace est moins visible [Gueye, 1994].

C'est le *ardo* qui est représentant du campement dans les relations avec les autorités locales. L'arrivée dans une nouvelle zone est libre pour les éleveurs : le droit d'usage de la brousse est lié aux habitudes [Boutrais, 1978]. Ils doivent néanmoins se présenter impérativement au chef qui leur accordera le droit de présence [Moritz, 1994]. En particulier, c'est le fait de signaler son installation qui fait qu'à l'instar des habitants du village, les transhumants sont protégés par ce chef durant leur séjour. Ceci peut aussi être l'occasion de payer les différentes taxes sur le bétail, sur l'herbe ou les impôts qui sont définis dans les régions [Requier-Desjardins, 1997]. Dès que le *ardo* est venu se présenter, on considère que le chef reconnaît la présence de tous les éleveurs qui constituent son campement. L'usage justifiant la présence, et la tradition d'accueil étant de mise, celui-ci ne s'y opposera a priori jamais, sauf si la zone est réservée à d'autres usages.

Au-delà de ces contacts entre éleveurs et autorités, il se noue forcément des relations entre les populations qui utilisent le même espace. Celles-ci peuvent être complémentaires ou faire naître une concurrence [Gallais & Sidikou, 1978].

Dans la zone sahélienne, on observe de nombreuses pratiques de collaboration entre les populations, qui ont des services à s'offrir. Ces habitudes sont héritées des relations que les éleveurs purs entretenaient avec leurs esclaves cultivateurs et elles sont si fortes qu'elles sont

³Le *laamido* est le chef traditionnel qui est responsable de la justice et de l'usage de la terre dans tout le *laamidat*. Le *lawan* gère quant à lui le *lawanat*, qui est une partie du *laamidat*. L'autorité administrative traditionnelle a été conservée lors de la colonisation puis de la décolonisation, même si les attributions ont évolué [Requier-Desjardins, 2000].

parfois qualifiées de « symbiotiques » [Boutrais, 1978]. Dans les zones où les cultivateurs ne possèdent pas de bêtes, la fertilité de la terre est souvent entretenue grâce à des contrats de fumure. Ceux qui ont des animaux font à l'inverse fréquemment appel à des services de gardiennage par des pasteurs [de Bruijn & Dijk, 1997].

Si l'élevage mobile est encore très présent dans la région de Maroua, c'est aussi qu'une bonne partie de la viande consommée dans les villes provient des troupeaux des éleveurs de brousse. Ceux-ci se retrouvent intégrés à un marché économique très important à l'échelle régionale voire nationale [Scholte *et al*, 1995].

L'ensemble de ces pratiques de collaboration et d'échanges entre les populations permet aux éleveurs de résider à proximité des villages. Cependant, beaucoup d'auteurs notent que les interactions prennent une tournure de plus en plus concurrentielle et perdent leur aspect positif. Avec l'augmentation de la population, les terres en accès libre sont plus réduites, car les champs couvrent des espaces où les bêtes étaient habituées à pâturer auparavant. Le risque de conflits liés aux dégâts augmente en conséquence. Les éleveurs doivent penser sans cesse aux amendes qu'ils risquent de payer si leurs bêtes abîment les champs de cultivateurs mécontents, ce qui peut les forcer à déboursier jusqu'au prix d'une bête. A l'inverse, les cultivateurs considèrent la présence des animaux comme un risque permanent [d'Aquino, 1996].

De plus, les cultivateurs possèdent maintenant des troupeaux, et ils apprennent à en prendre soin eux-mêmes. Ils n'ont donc plus besoin des services des éleveurs pour la fumure ou pour le gardiennage. Les animaux des transhumants représentent au contraire des concurrents pour leurs propres bêtes dans l'accès à la ressource. Il existe même des zones où les conflits entre les communautés ont été si forts que les nomades ont été interdits de séjour [Ancy, 1996]. Les conflits très locaux autour d'une ressource peuvent même dégénérer : on a vu l'ensemble d'un quartier incendié à cause d'un trop grand nombre de petits conflits mal réglés autour d'un village [Gueye, 1994]. A l'heure actuelle, on note également que l'intervention des institutions gouvernementales est dirigée en grande partie contre les populations d'éleveurs, ce qui introduit un élément supplémentaire de complexité dans les relations entre les populations.

1.3 Modéliser les relations qui conditionnent l’usage des ressources renouvelables communes

La question de l’usage des ressources communes peut se concevoir d’une façon plus générale. En effet, on a vu que la brousse est composée de ressources qui sont dites « ressources communes ». Ces biens font en général l’objet d’un nombre important de modes d’appropriation, et comme leur usage est commun à tous, les différents usagers vivent une forme de concurrence. Pour certains auteurs, il y a un danger à ce que les ressources soient ainsi accessibles à tous : partant du principe que chacun a intérêt à exploiter la ressource avant les autres, et plus qu’eux, pour ne pas souffrir du partage, Hardin a en effet montré que tout accès libre provoque la disparition de la ressource [Hardin, 1968]. Cette approche, appelée « tragédie de l’accès libre », est en général controversée, dans la mesure où l’hypothèse de l’accès libre ne se réfère à aucune réalité de terrain. En effet, dans tous les cas d’usage de la ressource, les individus qui l’utilisent sont liés à une communauté plus large, au sein de laquelle les modes d’appropriation sont définis [Berkes *et al*, 1989]. En général l’usage répond ainsi à un ensemble de règles qui relèvent des habitudes des communautés et des routines sociales, et qui sont définies par diverses institutions [Ostrom, 1990], [Ostrom, 1994], [Lambert & Sindzingre, 1995].

L’usage de la brousse pour les éleveurs correspond bien à cette problématique. En effet, on a vu que dans la zone sahélienne, la présence et l’usage de la brousse est un droit pour tous. Cependant, ces zones ne sont pas pour autant en « accès libre », puisque l’usage y est régi par des règles, qui définissent les relations avec les autorités, en particulier pour le paiement des taxes. Il semble en outre que les relations personnelles, d’échanges ou de services, soient également fondamentales pour l’accès à la terre des éleveurs, et leur vie à la proximité d’un village.

Il paraissait donc intéressant d’orienter le travail sur le thème des relations individuelles des éleveurs. J’ai ici particulièrement étudié les échanges de biens (qu’ils soient marchands ou non) en identifiant leur forme, les habitudes qui apparaissent et les règles qui président à leur formation et à leur répétition.

Or, les échanges reposent sur des règles sociales, mais également sur un phénomène très important dans les relations interindividuelles, qui est la confiance. Ce thème servira par consé-

quent de fil directeur dans une partie des analyses de ce travail, et en troisième partie on verra en quoi il est également fondamental pour les éleveurs dans la perception qu'ils ont de leur vie quotidienne.

Dans l'équipe GREEN, les systèmes multi-agents sont utilisés depuis plusieurs années pour traiter de la question de l'usage que les sociétés humaines font des ressources renouvelables. Déjà, mon travail de DEA y avait été conduit : il s'agissait de mettre en place un système décrivant une société artificielle dans laquelle des agents échangeaient selon le principe du don-contre-don [Rouchier, 1996], [Rouchier & Bousquet, 1998]. Olivier Barreteau a quant à lui construit pendant sa thèse un modèle de systèmes irrigués au Sénégal, axé sur la communication et la négociation entre les usagers [Barreteau, 1998]. Cette recherche se poursuit à l'heure actuelle à travers un travail de restitution des résultats sous la forme d'un jeu d'appui à la négociation et la prise de décision [Barreteau & Bousquet, 1999b]. D'autres travaux sont menés qui décrivent des questions de gestion de ressource forestière, dans le cadre de la chasse [Zunga *et al*, 1998], ou une étude de filières d'exploitation des ressources en bois [Antona *et al*, 1998].

Les systèmes multi-agents sont en effet souvent considérés comme très pertinents pour élaborer des modèles et des simulations qui permettent de traiter de relations entre des individus. En outre, la notion de norme peut aisément être intégrée dans la description des cadres d'action des agents. L'élaboration des modèles aide à traiter de la question de l'articulation dans un groupe social entre les différents niveaux d'organisation. Cette question rejoint celle qui se pose à toute science sociale depuis Durkheim : saisir le rapport entre l'action individuelle et l'existence d'une réalité collective apparemment indépendante [Durkheim, 1983].

1.4 Présentation du plan

La première partie, un travail de synthèse bibliographique, est constituée de sept chapitres. Le premier reprend une description de la vie des éleveurs sous l'angle des différentes relations que chaque individu entretient dans sa pratique, et où la confiance semble parfois intervenir. C'est ici la notion d'échanges qui nous a permis d'approcher les questions d'accès à la terre pour les éleveurs. Le second chapitre est plus théorique : y sont développées rapidement certaines des théories économiques qui m'ont servi de base à la compréhension des échanges tout au long de

ce travail. Ces théories se retrouvent à la base des modèles construits. Le troisième développe certaines approches qui sont faites de la confiance. Il se conclut sur l'approche choisie ici qui s'appuie sur les processus qui visent à sa construction. Dans deux chapitres sont alors présentés le système multi-agent et ses usages dans les sciences sociales et économiques. Le dernier chapitre conclut sur cette partie en étudiant les usages qui ont été faits du concept de confiance dans les systèmes multi-agents.

La seconde partie est la présentation du premier modèle réalisé, le modèle JuMel. Celui-ci a été construit dans une première période de travail, en collaboration avec Mélanie Requier-Desjardins, et se base sur l'analyse économique du terrain qu'elle avait préalablement effectuée. C'est sur la relation interindividuelle que nous avons fondé notre description des échanges, et nous avons utilisé des coûts pour les décrire. Nous nous sommes interrogées sur les raisons de la grande régularité dans les déplacements et les relations des éleveurs nomades. La routine qui apparaît peut être traitée sous un angle purement économique, mais aussi sous l'angle de la confiance. Faire des simulations à partir du modèle nous a permis de comparer deux formes de « rationalités » pour les agents, et de tirer des conclusions sur le modèle utilisé, ainsi que sur les théories qui avaient présidé à sa construction.

La troisième partie décrit les résultats obtenus par un séjour sur le terrain, durant trois mois, en collaboration avec Mélanie Requier-Desjardins. Ce séjour a permis de prendre conscience à travers un exemple d'une forme d'intervention du groupe et de la communauté dans les relations interindividuelles. La présence d'un risque permanent pour les populations crée un contexte qui fait que la confiance est centrale dans le discours des éleveurs et qu'ils y font référence dans la plupart de leurs actions. En particulier, ce qu'une analyse par la confiance nous a permis de cerner est l'ensemble des éléments sur lesquels les gens se basent réellement pour se sentir en sécurité, et quelles sont les institutions auxquelles ils ne croient plus. Les dynamiques directement collectives de création de la confiance, qui sont la réputation et l'importance de la « présentation de soi » sont réapparues comme fondamentales.

Dans la quatrième partie est présenté un second modèle, intitulé le modèle Réputation, qui a été élaboré avec Martin O'Connor, du C3ED, à l'Université de Saint-Quentin-en-Yvelines. Paradoxalement, ce travail a été effectué après le travail d'enquêtes et présente pourtant une approche beaucoup plus théorique que le modèle JuMel. Il se situe en quelque sorte dans la

continuité du modèle effectué durant le DEA. Celui-ci montrait comment les échanges non-marchands, qui se répètent selon un principe de réciprocité, permettent de faire apparaître des groupes « privilégiés » qui reçoivent des dons de façon plus importantes. Ici, ce n'est plus pour étudier des circulation de biens, mais pour analyser l'apparition d'un savoir commun (une réputation) lié aux actions des agents, que la description d'une économie du don a été faite. Les agents appartiennent tous à un groupe, qui observe leurs actes et qui construit une représentation commune de chacun. Cette représentation influence alors l'image que les agents ont d'eux-mêmes. Par les simulations, certaines questions sur les relations entre les différents niveaux de représentations, celles du groupe et celles des agents, peuvent être mises en avant.

Une discussion de ces résultats peut se situer à plusieurs niveaux. La notion de confiance a été longuement questionnée tout au long de ce travail. Les résultats du terrain, tout autant que des simulations permettent de remettre en perspective les différentes approches qui avaient été identifiées sur le sujet.

Ensuite, les résultats des simulations peuvent être utilisés pour faire des analyses des divers modèles que nous avons construits. Comme ceux-ci se basent principalement sur des théories, ce sont ces théories que nous pouvons alors questionner : nous pouvons juger de la façon dont nous les avons utilisées pour penser la réalité, et sur la façon dont elles sont parfois utilisées.

La thématique de la confiance a été réaffirmée comme importante lors du travail de terrain. D'un point de vue méthodologique, elle est bien l'entrée qui nous a permis de percevoir le hiatus entre des institutions existantes et la réalité vécue par les différentes populations identifiées. Parallèlement, la simulation multi-agent s'est révélée une bonne aide pour construire une réflexion globale sur la perception que les acteurs sociaux ont du cadre dans lequel ils évoluent.

Première partie

**Echanges, confiance, simulations
multi-agent**

Dans cette première partie sont introduits les principaux champs théoriques qui ont soutenu mon travail sur l'élevage transhumant au nord du Cameroun. La vie des éleveurs et leurs possibilités d'accès à la ressource s'y développent autour de nombreuses institutions. On peut par exemple reconnaître l'importance du rôle du chef de village, qui reste très fort et qui permet aux éleveurs d'être automatiquement accueillis quand ils arrivent près d'un nouveau village. Si certaines institutions définissent la forme des échanges de biens entre les populations, elles sont également confirmées et reproduites en grande partie par ces échanges.

C'est pourquoi il est intéressant d'étudier plus précisément le système marchand et celui du don-contre-don. A travers l'analyse des échanges, et des interprétations qu'en font les économistes ou les anthropologues, est mise en avant la difficulté de saisir l'articulation entre l'action des individus et un comportement global du groupe. Un des buts des sciences sociales est en effet d'interpréter la relation entre les différents niveaux d'organisation qui se crée à travers les échanges. On verra que les interprétations sont multiples à ce sujet et parfois contradictoires.

Comme les relations d'échanges prennent une tournure interindividuelle, elles reposent en grande partie sur la confiance. Vu la place essentielle de cette notion en économie, j'ai supposé, pour ce travail, que c'est à travers elle qu'il me sera possible de saisir certains fonctionnements du groupe. J'ai décrit son usage en économie, et choisi de mettre en avant certains des mécanismes qui semblaient fondamentaux pour comprendre son apparition et sa reproduction entre des individus au sein d'un groupe.

L'approche de l'économie dans ce travail de recherche repose sur la construction de modèles informatiques. Le type de modélisation choisi a été celui des systèmes multi-agents. A l'origine, ils sont apparus pour construire des intelligences plus adaptatives que les systèmes centralisés de résolution de problèmes. Chaque système multi-agent se définit en particulier par la définition des interactions entre les entités autonomes et des représentations que les agents artificiels se font de leur environnement. Ceci pousse à s'interroger sur l'interaction sous un angle individuel, tout en recherchant une articulation entre ces actions et l'existence d'un groupe avec des caractéristiques propres. La proximité de cette problématique avec celle des chercheurs en sciences sociales, fait que ces systèmes sont couramment utilisés pour construire des modèles et effectuer des simulations dans des univers artificiels. Ils sont particulièrement adaptés à la formalisation des échanges et des liens entre les agents individuels.

Chapitre 2

Les échanges qui structurent les relations sociales

« La deuxième idée, inspirée de Lévi-Strauss, était que la société est fondée sur l'échange et n'existe que par la combinaison de toutes sortes d'échanges - de femmes (parenté), de biens (économie), de représentations et de mots (cultures, etc.). »

Maurice Godelier, L'énigme du don. p 15. Fayard. 1996.

Le fait que les relations sociales puissent être vues comme des échanges sert ici de cadre pour décrire les liens des transhumants. Seront donc considérés les échanges de biens, de femmes et de représentations, à la fois au sein de la communauté des transhumants et avec les populations sédentaires.

2.1 Echanges de biens

2.1.1 Vente des bêtes et du lait

Pour obtenir de l'argent pendant la transhumance, les éleveurs n'ont souvent pas d'autre solution que de vendre des bêtes ou du lait .

La vente du lait est effectuée par les femmes, soit le jour du marché, soit en faisant du porte-à-porte chez des clientes habituelles. Elles échangent leur lait soit contre des céréales, soit contre de l'argent. Ceci leur permet de compléter les achats du mari en légumes et en céréales, ce qui représente un apport important durant la saison des pluies [Kuhn, 1997]. De plus, la vente du lait permet de tisser des liens de clientélisme important en établissant des contacts quotidiens entre des familles et des campements [Ancy, 1997].

Les éleveurs doivent aussi à l'occasion de grosses dépenses vendre une bête. Ils cèdent l'animal soit sur les marchés aux bestiaux, soit directement aux bouchers des villages [Boutrais, 1978]. Cette pratique est nécessaire, mais les éleveurs ne l'apprécient pas du tout, et tentent de s'en passer. En effet, le troupeau représente en grande partie leur identité culturelle, et ils s'y sentent liés pour des raisons affectives encore plus qu'économiques [Santoir, 1994]. En fait, il est même possible de dire qu'un faible nombre d'échanges marchands est un signe pour un éleveur que son élevage est en bonne santé [Boutrais, 1994a] : « Dans l'économie pastorale, au contraire, la croissance s'exprime dans une implication réduite dans les transactions de type commercial ».

Dans la région de l'Extrême-Nord, l'élevage représente environ 300 000 têtes de bétail. Elles servent à approvisionner les marchés locaux, mais aussi les grandes villes comme Maroua, ou Bogo. Une grande partie de ces bêtes n'appartiennent pas aux éleveurs transhumants mais à des grands propriétaires qui vivent en ville, et qui louent les services de bergers pour s'en occuper à l'année [Ancy, 1996], [Bassett, 1994].

2.1.2 Gardiennage

Le gardiennage est un moyen de gagner sa vie qui est beaucoup plus normal pour les éleveurs que la vente des bêtes. Ce service lie de nombreux cultivateurs des villages et des habitants des villes à des bergers. Il existe aussi beaucoup de ce type de liens au sein même de la communauté d'éleveurs [Dupire, 1962b].

Il y a plusieurs types de gardiennage, qui dépendent à la fois du nombre de bêtes confiées et de la distance à laquelle elles sont gardées. Selon les contrats, les propriétaires doivent parfois avoir une très grande confiance dans celui à qui ils confient leurs bêtes.

Parfois c'est simplement quelques bêtes qu'il faut faire garder. Les cultivateurs ou les petits

propriétaires de la ville sont dans ce cas, ainsi que des éleveurs qui souhaitent réduire les risques en répartissant la localisation de leurs bêtes. Souvent, les bêtes sont alors intégrées dans le troupeau d'un ami éleveur qui les soigne en même temps que les siennes. Dans ce cas une compensation est versée en fonction du nombre de bêtes. Une pratique commune est qu'un des petits nés pendant que le service est rendu reste pour grossir le troupeau d'accueil.

Parfois, plusieurs propriétaires se rassemblent et constituent un troupeau, pour louer les services d'un berger. Dans ce cas, le berger salarié est payé par le groupe comme si un seul propriétaire était concerné. Dans les contrats habituels, qui durent quatre ou cinq mois, le propriétaire nourrit, habille et chausse le berger pour la période où il est employé, et lui donne à la fin un bœuf ou une somme équivalente à la valeur d'un animal.

Quand un berger a la charge d'un troupeau entier, le gardiennage peut être un service rendu sur place : il fait pâturer les bêtes et les abreuve au cours de la journée et elles rentrent tous les soirs à la concession. Les nomades, dans les campements, emploient ainsi souvent des bergers qui vivent avec eux, quand leurs fils ne peuvent pas prendre en charge toutes les bêtes.

Parfois le troupeau est confié pour des longues périodes, en particulier quand les bêtes partent en transhumance, le berger doit aussi prendre en charge la surveillance médicale des bêtes. Les nomades aussi emploient ainsi des bergers pour envoyer leurs bêtes dans d'autres régions : cela correspond à l'une des « stratégies de sécurisation » : posséder des troupeaux dans des endroits différents afin de ne pas être soumis aux mêmes contraintes (comme des épizooties) qui peuvent décimer un troupeau.

Plus la transhumance est longue, et plus il est nécessaire que le propriétaire ait confiance en son berger. Cette confiance porte sur deux points qui sont son honnêteté mais aussi sa capacité à bien s'occuper des bêtes.

Comme le travail de berger est très dur et qu'il n'est pas très bien payé, il n'est pas rare que des conflits naissent entre le propriétaire et son employé quand celui-ci est au loin. En particulier, les bergers sont souvent soupçonnés d'avoir vendu les bêtes qu'ils disent mortes ou volées par des bandits [Bassett, 1994]. Comme le troupeau est loin de son propriétaire, il faut que le berger soit aussi capable de détecter tout problème que les bêtes pourraient avoir du fait d'un environnement peu adéquat (parasites, manque de nourriture). Enfin, si un berger ne surveille simplement pas bien le troupeau, celui-ci causera trop de dégâts. En plus de coûter de

l'argent, cette situation peut occasionner une mauvaise réputation au propriétaire. En effet, le berger salarié est souvent un représentant du propriétaire qui l'emploie, en particulier dans le rapport aux autorités. Les différents risques liés à l'emploi d'un berger font qu'il est nécessaire pour un éleveur d'avoir une grande confiance dans celui qu'il choisit.

2.1.3 Les dons aux chefs

Au moment de l'installation dans une région, il est normal pour un éleveur de venir se présenter au chef du village pour le lui signaler, ou d'envoyer un représentant. Celui qui se déplace chez lui fait en général un don. Dans la société pastorale, ces dons sont très importants. Ils sont tout d'abord un des principaux moyens pour le chef de récupérer suffisamment de biens pour assurer son rôle de redistribution, qui est fondamental pour son autorité. Ils expriment bien sûr le respect qui est voué au chef et à son autorité : en échange, le chef considère que la personne est sous sa responsabilité. Il peut sous-entendre la réaffirmation d'un lien clientéliste par l'achat de la protection. Le sens du don au chef est ainsi multiple et renouvelle de façon permanente certains sous-entendus culturels. Ceci est une des explications du fait que même quand ce don n'a plus un caractère obligatoire et que l'échange marchand est très présent pour les éleveurs, ceux-ci continuent à en faire de façon systématique [Nicolas, 1986].

2.2 Echanges de femmes

Dans la plupart des études ethnologiques sont étudiés les systèmes de parenté. La parenté n'y est pas entendue au sens de la biologie mais plutôt dans le sens politique et économique [Lévi-Strauss, 1960] : en définissant les obligations des aînés envers les cadets et la transmission du pouvoir politique ou religieux, elle permet d'organiser strictement la société. Plus encore que sur la répartition des biens et des pouvoirs, on peut s'interroger sur ce que ces alliances impliquent comme liens moraux, et systèmes d'entraide. Ils permettent, dans tous les cas, d'inscrire les individus dans des relations sociales très fortes.

2.2.1 Des règles d'alliance

Chez les Peuls, les femmes se marient une première fois selon le choix des pères de famille. Les hommes peuvent avoir plusieurs femmes en même temps. La femme n'a qu'un mari à la fois. Par contre, les femmes peuvent changer de mari quand elles ont donné leur premier enfant. Dans les cas de remariage, ce sont les individus concernés, mais plus leurs familles, qui décident de leur alliance. La mobilité des femmes est en fait assez importante entre les groupes de pasteurs, où chacune peut avoir jusqu'à quatre ou cinq maris durant sa vie [Dupire, 1970].

Au moment où le mariage se fait, il arrive assez généralement qu'elle parte avec quelques vaches du troupeau de son père. Elle conservera ces bêtes dans le troupeau de son mari, mais elles y resteront en son nom propre et elle les transmettra directement à ses propres enfants. Cette circulation concomitante des femmes et des bêtes est très importante pour les éleveurs peuls, et est à la base de l'évolution génétique des troupeaux, qui est un souci primordial pour les éleveurs. On évoque même la notion de « stratégies matrimoniales » pour décrire comment les familles organisent les mariages de leurs enfants de la façon la plus intéressante possible [Dupire, 1954]. L'activité qui consiste à organiser ces alliances représente un travail très important pour les aînés dans les familles, qui passent de nombreuses heures à palabrer pour définir le futur des jeunes adultes. Ici comme ailleurs, les situations où les enfants ne respectent pas les projets de mariage que leurs parents ont formés pour eux (allant jusqu'à des mésalliances) peuvent être problématiques [Shakespeare, 1984].

La grande importance économique de ces alliances explique en partie la règle d'endogamie assez stricte chez les Peuls. On peut voir aussi que les ethnies qui vivent à proximité des Peuls dans la région étaient souvent leurs esclaves par le passé, et qu'il paraît difficile d'accepter le mariage des enfants avec des anciens dépendants.

En fait, ces règles strictes évoluent souvent au cours de l'histoire. La proximité physique et l'habitude de la rencontre entre des campements peut modifier les habitudes et voir l'apparition de liens matrimoniaux jusque là interdits. Il est parfois difficile de décider si la règle a préexisté à l'habitude, dans la définition des règles d'alliance [Bonfiglioli, 1988]. Parfois même, lors de leurs déplacements, les pasteurs tissent des liens privilégiés avec certains sédentaires qui n'appartiennent pas aux mêmes lignages, et des alliances matrimoniales se créent entre les familles.

2.2.2 La famille : communauté du partage et du contrôle social

Le lien familial en Afrique a encore un sens très fort. La famille est la première communauté dont un individu doit se reconnaître membre, dans une société où l'individu ne peut pas se penser de façon indépendante des autres [Geertz, 1986], [Marie, 1997b]. La famille est en effet le lieu principal de la vie sociale, et en particulier celui où le contrôle social trouve son expression la plus présente pour les individus.

La famille est le réseau au sein duquel la solidarité se développe en premier lieu. Par exemple, quand un membre de la famille arrive dans un nouveau village pour y vivre, chacun se doit de l'aider dans son installation, pour trouver un travail, et se faire accepter par les membres du village. Il y a également obligation pour l'ensemble de la famille de se rassembler pour aider un des membres dans le besoin. Dans les périodes où des pénuries ont lieu, les membres de la famille qui vivent dans une région plus favorisée soutiennent dans la mesure de leurs moyens ceux qui sont dans un extrême dénuement ¹.

Si la base de la solidarité familiale est un don fait des aînés vers les cadets, il crée a fortiori une dette pour le futur et il est assez fréquent que les aides soient conçues comme de véritables « investissements ». Il semble alors normal qu'un droit de regard soit imposé à chacun afin de s'assurer que l'aide fournie ne sera pas gaspillée et qu'il y aura un retour.

Comme chaque individu porte une dette à l'égard de l'ensemble de son lignage, la famille est un réseau où la surveillance est très bien organisée : les informations sur tous sont sans cesse partagées et peuvent ainsi diffuser sur des échelles géographiques très importantes. En parallèle de la surveillance, la famille est l'espace privilégié au sein duquel deux des principaux moyens de sanction du groupe vont se mettre en place. Le premier est l'ostracisme. Celui-ci se révèle un très dur châtiment quand il est mis en place, car les individus qui le subissent perdent tout rôle social [Geertz, 1986]. Le second est la sorcellerie qui peut châtier tout déviant à la norme. La puissance des sorciers et les risques énormes encourus ne sont jamais sous-estimés par les individus.

D'autres réseaux communautaires du même type se créent au cours de la vie des individus,

¹La plupart du temps, c'est en accueillant les enfants et en les nourrissant que l'on marque son soutien [Guillaume *et al*, 1997]. En effet, l'aide apportée concerne souvent l'éducation des enfants : la famille se cotise pour fournir de l'argent et faciliter la vie de celui qui va faire des études. En retour, il est attendu que celui-ci paie sa dette en soutenant ceux qui l'ont aidé quand il en a les moyens [Marie, 1997a].

par l'apparition d'amitiés, par l'appartenance au même village ou entre personnes de même profession. Là aussi, de nombreux avantages tout autant que d'obligations lient au groupe. Par exemple, une tradition de solidarité très forte subsiste chez les éleveurs de brousse : quand un membre du groupe a perdu de nombreuses bêtes et se trouve en difficulté, il est encore commun de lui confier des bêtes à garder pour l'aider à reconstituer son troupeau [Dupire, 1962b]. Malgré tout, les réseaux de relations ne se substituent jamais au réseau familial, qui reste toujours la référence [Gérard, 1997]. Tout abandon du lien communautaire originel pour en constituer un autre relève d'un « processus d'individualisation » encore très marginal, même dans les grandes villes [Marie, 1997b].

2.3 Echanges de représentations et de mots

« On ne peut pas ne pas communiquer »

Paul Watzlawick, Une logique de la communication. Point seuil. 1972

Les modes de communication dans la société sahéenne peuvent être abordés à travers le sujet des échanges d'informations qui sont très nombreux. Les mots peuvent également être utilisés au-delà de l'information, dans la mesure où ils sont fréquemment utilisés dans l'exercice du pouvoir ou pour se caractériser face aux autres. Au-delà des mots, il existe en outre de nombreuses formes de communication non verbales : ainsi les comportements, la façon de se présenter [Goffman, 1974] ou même le refus de reconnaître l'autre comme interlocuteur [Watzlawick *et al*, 1972] sont également des façons de communiquer entre les individus.

2.3.1 Circulation d'information

Les éleveurs au cours de la saison doivent prendre de nombreuses décisions qui concernent le mouvement du campement. Ils doivent choisir le moment de partir en transhumance, qui dépend de l'état de la ressource dans la région où ils sont et dans la zone d'arrivée. Ils doivent aussi choisir les zones d'installation de façon plus précise en fonction de la salubrité, des possibilités de passage, de la surface disponible pour l'installation. Chaque prise de décision, mais aussi

tout retard peut en effet avoir de grandes conséquences pour la survie des animaux. Comme aucune des données, qu'elle soit de type humain ou climatique, n'est stable d'une année sur l'autre, les éleveurs doivent être sans cesse au courant de ce qui se déroule sur des distances très importantes. L'information est donc un élément clé de la pratique de l'élevage mobile [Monod, 1975].

Le seul moyen pour les informations de circuler est le bouche à oreille : sans réseau d'information, il n'est pas possible de se tenir au courant. Cela explique que les gens passent beaucoup de temps à échanger avec ceux qu'ils rencontrent, que ce soit au village ou même dans la brousse. Les visites sont très importantes, en particulier entre membres d'une même famille. La forme de la dissémination de l'information, principalement à travers des réseaux sociaux, explique que le désert soit parfois décrit comme une véritable « potinière » [Monod, 1975].

2.3.2 Information et différenciation

La différenciation entre les lignages et la façon de définir ce qu'est un mariage acceptable peuvent évoluer en fonction des circonstances [Bonfiglioli, 1988]. De la même façon, l'histoire de la région sub-saharienne fait qu'il n'est pas si facile de différencier de façon très précise les ethnies. Les groupes ont en effet partagé les mêmes espaces depuis des siècles et toutes les caractéristiques qui permettent de définir une culture autonome (telle que l'architecture, la religion, la langue) sont partagées par les groupes qui ont ainsi cohabité [Bruijn & Dijk, 1997a].

On parle ainsi très souvent de la « fulbéisation » des populations sédentaires. Il s'agit du phénomène d'assimilation des populations qui ont été en contact étroit avec les Peuls et qui ont adopté au cours du temps des modes de vie similaires à ceux-ci, tant en ce qui concerne la langue que la religion ou les pratiques d'élevage. Inversement, la sédentarisation des éleveurs nomades est parfois vue comme l'influence réciproque que ces populations sédentaires ont eu sur les Peuls [N'Gaïde, 1997].

Finalement, de nombreux groupes en sont venus à se considérer comme « Peuls » alors qu'ils ne l'étaient pas réellement au départ. Il devient en effet si difficile de déterminer qui appartient à un groupe ou à un autre que la notion d'ethnie en elle-même n'est pas si nette.

Ce qui reste de cette notion d'ethnie pour les ethnologues contemporains est celle de différenciation [Barth, 1997]. Certains insistent alors sur le phénomène d'autoproclamation qui fait

que l'ethnie n'existe que dans le discours de celui qui veut se différencier :

« relationships between groups that consider themselves and are regarded by others, as being culturally distinctive » [Ericksen, n.d.]

Ou encore, de façon plus complexe, on peut considérer que la définition de l'ethnie passe par le regard de plusieurs groupes différents :

« l'identité du groupe ethnique doit-elle être seulement définie en fonction de la lecture que se fait le groupe de soi, ou doit-on considérer la lecture qu'en font les autres groupes ethniques ou les deux à la fois ? » [N'Gaide, 1997]

En général les Peuls basent leur discours de différenciation sur deux points : une histoire glorieuse de conquêtes et le respect d'un ensemble de règles de comportement strictes [Fay, 1997]. Les ancêtres sont les guerriers pasteurs qui ont conquis les zones occupées maintenant et soumis les populations des cultivateurs qui cohabitent avec eux. L'unité culturelle se fait autour du *pulaaku*, qui comprend un certain nombre de qualités, telles que la sobriété (*needi*) pour les hommes, la discrétion pour les femmes (*yaagaade*), la méchanceté, la fierté. Tout le système d'éducation, parfois très dur, est basé sur l'apprentissage de ces règles aux enfants.

Les nombreux Peuls sédentaires, qui sont pour certains tout à fait intégrés aux populations d'agriculteurs, ne respectent plus toutes les règles du *pulaaku*. En revanche, il semblerait que l'islam prenne chez eux une tournure plus rigide [Sidibe *et al*, 1997]. Ces différences ne les empêchent pas de revendiquer l'appartenance au même groupe que les éleveurs mobiles.

Les nomades, mais aussi les transhumants quand ils sont loin de leur village, continuent à entretenir une tradition de différenciation très forte vis-à-vis des autres groupes. Ceci peut se voir dans les comportements, au marché ou simplement quand ils se savent observés par les villageois [Guichard, 1998]. Les Peuls ont alors des comportements très normés qui peuvent être vus comme des mises en scène qui visent à réaffirmer le *pulaaku*. Ainsi, les femmes s'isolent pour vendre leur lait, les hommes âgés se regroupent entre eux pour traiter des affaires importantes, en ignorant la présence des autres, et les jeunes se pavanent en montrant leurs plus beaux habits. Tous affichent le refus de communiquer directement avec les membres des autres ethnies. A l'opposé, dans la sphère privée, des relations intimes peuvent exister entre les éleveurs qui agissent ainsi et la population locale, qui relèveront éventuellement d'autres règles [de Bruijn & van Dijk, 1994].

C'est un véritable jeu social qui est mis en œuvre. Comme chacun s'observe en permanence, chacun sait que se montrer et la façon de le faire est un message pour les autres. Tout en montrant une face dédaigneuse (ce qui est une base du *pulaaku*), les Peuls reconnaissent néanmoins aux habitants la qualité de spectateurs, et le droit de participer à leur « présentation de soi ». La communication prend ici des voies très détournées, et les individus peuvent aller jusqu'à montrer l'opposé de ce qu'ils veulent exprimer : par exemple le rejet et l'impolitesse ostensibles peuvent parfois exprimer l'affection [de Bruijn & van Dijk, 1994].

2.3.3 Information et justification

Si l'affirmation d'un groupe est importante, c'est en grande partie pour des raisons politiques [Benoit, 1988]. Comme la population augmente, les questions de répartition de la ressource sont de plus en plus importantes. Chacun des utilisateurs a donc besoin de voir affirmer ses alliances et sa position par rapport aux autres. Parfois, se dire Peul est ainsi un moyen d'appartenir à des groupes de pression politiquement puissants au niveau local (mais pas national).

Cependant, on a vu qu'en général, les autorités et certains projets de développement accusent facilement les éleveurs mobiles de dégrader les ressources. Ce discours est même parfois approprié par les populations locales, qui l'utilisent pour justifier leurs plaintes ou leurs requêtes.

On peut noter que les éleveurs peuls n'expriment pas un grand intérêt pour la ressource. La perception qu'ils en ont passe par l'usage qu'en font les animaux : le fourrage est bon si les animaux sont gras. De plus, ils ne se défendent pas d'avoir des pratiques opportunistes vis-à-vis des pâturages, ce que leur permet leur grande mobilité [Bassett, 1994]. Or, les gouvernements et les organismes de développement ont une tendance à reconnaître comme un véritable problème le fait que la brousse est de plus en plus « dégradée ». Ceci est dérangeant dans le contexte des projets de développement durable, qui visent à sécuriser la vie des populations, et qui sont remis en cause de façon immédiate par la disparition de la ressource. L'élevage mobile et ses aspects « opportunistes » vis-à-vis de la ressource, même dans les discours des éleveurs, tient en général le rôle du bouc émissaire [Weicker, 1993]. De plus, la mobilité de ces populations les rend peu contrôlables et rentre rarement en adéquation avec les politiques proposées pour les pays du Sahel.

Il s'agit alors, du point de vue du développement, de trouver des moyens pour que les

populations utilisent d'autres moyens de production. L'idéal tracé par les experts serait bien souvent d'attribuer des rôles définitifs à différentes zones agricoles. Ainsi, il s'agit de circonscrire l'élevage, ce qui revient à sédentariser les populations. De nombreuses mesures incitatives sont prises dans ce but. Elles peuvent être purement politiques et prendre la forme de l'interdiction d'accès à certaines zones. Pour éviter la dissémination de certaines maladies, on peut forcer les éleveurs à vacciner leurs bêtes, ou les empêcher d'atteindre certaines zones [Toure, 1990]. Dans tous les cas, il est également nécessaire de mettre en place un système de surveillance pour éviter que ces résolutions ne soient détournées [Babin *et al*, 1999]. Pour influencer les logiques d'action des individus, d'autres mesures, plus indirectes sont utilisées [Gueye, 1994] : certaines utilisent la lassitude des individus face à de trop grandes contraintes, en imposant par exemple de posséder un grand nombre de laissez-passer. D'autres sont uniquement économiques et se basent sur des taxations qui contraignent, là aussi, la plupart des choix en imposant des considérations monétaires. Cette idée de taxation est souvent mise en avant par les tenants de l'économie classique.

Ce choix, qui consiste à forcer les éleveurs à se sédentariser, n'apparaît pas comme une bonne solution aux spécialistes du pastoralisme [Thébaud, 1995]. La pratique pastorale est souvent vue comme la seule façon d'exploiter certaines zones, où la variabilité climatique est trop importante pour que des cultures puissent se développer [Behnke & Scoones, 1992]. Or, si ce mode de valorisation de la terre est réprimé, cela va conduire à une disparition des savoirs dans les populations, ce qui peut être dommageable à court terme dans pour l'équilibre de la région [Toure, 1990].

Dans certains projets de développement, l'un des piliers de la politique d'élevage reste une tentative de sédentariser les populations transhumantes [Baxter, 1975]. Plusieurs politiques peuvent conduire à la réduction de la transhumance : surveillance des mouvements par l'obligation de posséder des laissez-passer, incitation à ne pas se déplacer pour cause d'épizooties, voire sécurisation de l'élevage sédentaire de façon à ce que les habitants des villages occupent suffisamment la brousse et que les transhumants ne puissent s'y installer [Toure, 1990].

De façon plus globale encore, on peut noter que dans la « convention désertification » de l'ONU, qui vise à décider des mesures à prendre pour endiguer la désertification, il n'est même pas fait mention des éleveurs mobiles [Toulmin, 1993]. Dans les politiques nationales, ceci se

traduit dans le fait que leurs droits en sont pas pris en compte, ni d'éventuels besoins en terme d'infrastructures. Or, souvent, les éleveurs ne se sont pas préparés à construire des discours politiques, principalement parce que leurs parents ne les ont pas envoyés à l'école [Sidibe *et al*, 1997]. Même si de nombreuses mesures sont ressenties comme vexatoires par les Peuls, ils manquent souvent de moyens pour s'en défendre. L'affirmation d'une appartenance commune est parfois utilisée pour la revendication de certains droits et il peut être nécessaire, face aux autres communautés, de montrer un visage assez cohérent et uni [Burnham, 1991].

2.4 Conclusion

A l'Extrême-Nord du Cameroun, la communauté des éleveurs mobiles forme un groupe assez important. Il existe ainsi une grande diversité de pratiques pour les éleveurs : certains vivent en brousse toute l'année, tandis que d'autres habitent en général dans un village et n'effectuent la transhumance que très occasionnellement. La plupart de ces éleveurs appartiennent à des lignages assez étendus, connus dans toute la région. Ils se différencient sciemment des autres groupes par leurs habitudes de vie et leurs liens communautaires très solidaires. La grande mobilité des individus et la répartition des familles sur de grandes distances permet une circulation rapide des informations et une bonne surveillance des troupeaux par une observation de la communauté.

Contrairement à une idée généralement admise, les éleveurs mobiles ne sont pas marginalisés, mais sont au contraire très intégrés économiquement, par la vente des bêtes autant que par les services de gardiennage qu'ils rendent. Même s'ils restent souvent entre eux, leurs interactions avec les populations des villages sont en général nombreuses et répétées. Elles se déclinent en particulier autour de codes de comportement assez complexes, qui sont interprétés par l'ensemble des membres des communautés. A partir des relations qu'entretient chaque éleveur, il lui est alors possible de définir l'usage qu'il fera de la ressource fourragère et de l'eau, et de faire des échanges de biens. A l'heure actuelle, les litiges sont nombreux autour des questions d'usage des terres, et les éleveurs sont souvent mis en défaut dans les joutes politiques.

Même quand la mobilité n'est qu'occasionnelle, le souhait de pouvoir éventuellement transhumer implique d'entretenir des relations qui sont très différentes d'une vie sédentaire : en

particulier, les éleveurs montrent une grande régularité dans les relations, tout en entretenant une grande diversité de liens. La précarité de la ressource, liée à sa grande variabilité, est compensée par la multiplication des liens : il devient possible de s'adapter en changeant de route quand le besoin s'en fait sentir [Monod, 1975]. Cette routine est un point qui semblait particulièrement intéressant dans les relations des éleveurs (elle a été étudiée en partie 2).

Chapitre 3

Les échanges économiques : plusieurs interprétations

Le travail effectué s'est inspiré principalement d'une vision économique des relations sociales. A travers les échanges de biens, il semble en effet possible de saisir une grande partie des relations complexes qui existent chez les éleveurs [Requier-Desjardins, 1997]. Ce chapitre aborde le sujet des deux grand types d'échanges que l'on peut identifier, les échanges marchands et non marchands. En général, même s'il s'agit toujours de circulation de biens, ils sont rarement étudiés de façon concomitante, et relèvent même de disciplines différentes.

Après une description de certains courants contemporains d'analyse des échanges marchands sera présentée la conception du « don-contre-don » telle qu'elle est formalisée par les ethnologues et les sociologues.

3.1 Echanges marchands

3.1.1 Le cadre classique et les « imperfections » du marché

La littérature économique classique s'est majoritairement penchée sur le fonctionnement de l'échange marchand. La question qui est abordée par une des branches de cette discipline est celle de l'allocation des ressources entre des agents économiques, dans un contexte de rareté de ces ressources [Brousseau, 1993].

Un agent économique (qui peut être un individu ou un groupe) a des besoins qu'il peut satisfaire en utilisant des biens que d'autres possèdent. Il doit s'accorder alors avec un autre agent économique qui souhaite fournir un de ces biens, en lui proposant un échange. Pour estimer les quantités échangées, chacun calcule l'augmentation de son bien-être (qu'on appelle *utilité*) due à l'acquisition du bien, et la compare à la diminution due à la perte de celui qu'il doit céder. Il est nécessaire pour cette définition que les agents aient la sensation de gagner dans l'échange, sinon ils ne le pratiquent pas. Dans le contexte de rareté défini ici, chaque agent est en effet dans une situation de compétition face aux autres agents et il lui faut tout d'abord penser à son propre intérêt [Guerrien, 1995].

Le bien circule quand il y a création d'une équivalence de valeur entre les deux biens. C'est d'ailleurs le processus même de l'échange et de l'interaction entre les deux agents qui crée cette valeur : elle s'appelle le prix de l'échange.

Pour que les agents puissent effectuer toutes ces opérations, il est nécessaire de supposer qu'ils sont rationnels et qu'ils ont une idée claire de leurs préférences : ils peuvent ainsi juger ce qu'ils vont fournir pour avoir l'autre bien [Bürgenmeier, 1994]. On suppose également qu'ils ont le choix entre plusieurs possibilités pour obtenir ce bien, et qu'ils sont rationnels, c'est-à-dire qu'ils sont capables de déterminer la solution d'échange qui est pour eux optimale, en se basant sur les informations qu'ils possèdent.

Le processus se généralise car beaucoup d'agents sont présents pour offrir ou rechercher les mêmes biens, créant un marché [Guerrien, 1995]. La théorie économique postule que de la multiplicité de ces arrangements individuels naît une valeur plus universelle pour les biens, qui s'équilibre de façon à être admise par tous, et qui s'appelle le prix d'équilibre [Debreu, 1984].

Le prix est donc une notion fondamentale, puisqu'elle est ce qui définit l'équivalence des biens et l'universalité de l'échange marchand. Lorsque des modèles économiques sont réalisés, on considère souvent que les agents utilisent cette notion de prix, voire l'anticipent, pour effectuer leurs choix [Guerrien, 1995].

Il existe cependant des imperfections, qui peuvent remettre en cause cette généralisation [Acheson, 1994]. Par exemple, il arrive que plusieurs prix apparaissent, ou qu'aucun ne soit possible à fixer, ou encore que des monopoles se créent, où un seul agent sera celui qui décidera des prix. Ces écarts à la loi d'équilibre s'expliquent par plusieurs facteurs.

On peut considérer que l'information de chacun des agents quant aux autres opportunités offertes sera plus ou moins bonne, ou que les agents feront référence à une rationalité plus ou moins « forte » [Granger, 1995]. On peut aussi considérer que certains biens sont soumis à des systèmes de propriété qui les fait sortir du champ de cet échange marchand, comme par exemple les biens communs [Weber, 1985], [Lescuyer, 1998]. Ceci pose alors des problèmes pour la création d'une universalité de la valeur.

Une situation qui n'est pas prise en compte par la notion de marché est l'ensemble des cas où l'action d'un individu influe sur celle des autres, même s'il n'est pas en contact direct avec eux. C'est ce que la théorie économique classique désigne par le terme d'externalité. Les éleveurs mobiles sont parfois producteurs d'externalités tandis qu'ils font paître leurs bêtes. Lorsque celles-ci sont laissées dans un champ pour consommer les pousses qui restent dessus, et qu'elles le fument dans le même temps, on peut considérer qu'elles produisent une externalité positive. Lorsqu'elles sont trop nombreuses et consomment trop de pâturage, celui-ci est en conséquence dégradé pour les autres utilisateurs et on peut considérer qu'il y a externalité négative.

3.1.2 Les institutions : analyse par les coûts ou processus historiques

Une autre critique concerne directement la croyance dans une loi unique de marché. En effet, si les agents peuvent échanger, c'est qu'ils se situent dans un cadre pré-donné. C'est ce cadre qui leur permet de savoir comment aller chercher les informations nécessaires à leur négociation et à leur prise de décision, ce qui est une activité en soi coûteuse. Les agents ont également besoin de pouvoir garantir leur échange en s'assurant que l'autre parti, une fois l'arrangement fait, va bien rendre le service qu'il a promis [Commons, 1931]. En économie, on désigne en général par le terme d'institutions l'ensemble des règles qui caractérisent l'échange, qui se traduisent par des procédures normées dans une société, et auxquelles les gens font référence (consciemment ou non) [Veblen, 1970]. Plus généralement, on pourra se référer à la définition très large d'Elinor Ostrom : un ensemble de règles en usage (« a set of rules in use ») [Ostrom, 1994].

Les institutions ne sont pas simplement seulement celles auxquelles on pense spontanément, comme les institutions « légales ». D'autres formes sont aussi prises en compte par cette dénomination : on trouve par exemple celles qui sont « connues et reconnues par tous » (comme l'Église) ou celles qui ne sont reconnues que par une partie de la population mais ignorées par

les administrations et que l'on peut appeler « coutumières » [Babin *et al*, 1999].

Pour pouvoir prendre en compte la présence d'institutions, il n'est pourtant pas nécessaire de sortir définitivement des concepts économiques. L'ensemble d'activités autour de l'échange, qui organisent le cadre pour le rendre possible, prennent du temps. Elles représentent un coût pour l'ensemble du groupe qui partage des habitudes communes. Chaque fois qu'un agent recourt au marché, il doit participer à l'entretien de cette structure commune et subir une perte que l'on désigne par des coûts de transaction [Williamson, 1994]. Cette notion va s'ajouter à celle de prix qui ne permettait pas de capturer intégralement la réalité de l'échange. Ici, traduire sous forme de coûts les institutions permet de rester dans un cadre « classique » de pensée [Thévenot, 1995]. Il est important de noter que cette conception n'est pas une négation de l'existence de relations autres que celles du champ économique. Par contre, elle remet en cause la nécessité de prendre ces relations comme un processus supplémentaire pour comprendre les dynamiques économiques. L'intégralité des relations doit pouvoir justement être appréhendée à travers les équilibres qui s'établissent par les coûts.

L'intérêt que présente le cadre classique est de fournir des outils de modélisation mathématique pour la description des équilibres sur des marchés. Dans ce cadre, un comportement représentatif est utilisé pour l'ensemble des agents : chacun sait comparer entre plusieurs options celle qui fournira le plus d'utilité, estimée par rapport à ses intérêts et aux informations qu'il reçoit. On considère qu'il est alors possible d'agrèger les comportements de ces agents à une échelle supérieure, et d'effectuer des calculs d'équilibres [Guerrien, 1995]. Pour penser ses rapports aux autres, un agent économique va alors comparer sans cesse ses gains et coûts afin de choisir la meilleure solution pour dépenser son énergie.

Face aux différents problèmes qui peuvent naître de l'utilisation en parallèle d'un espace commun comme la brousse, il semble alors possible d'utiliser la notion de coût pour inciter des individus à agir dans un sens ou dans un autre. En effet, tous les dérangements occasionnés par une activité à l'ensemble des autres humains, qu'on appelle les externalités, peuvent être réintroduits dans le cadre du marché qu'ils perturbent. En taxant une activité, il est possible de faire changer la logique des individus, qui devront réfléchir davantage avant de la mettre en œuvre. En subventionnant une, on donne aux personnes un intérêt supplémentaire à la considérer. Cela permet donc de gérer de façon spontanée (puisque dans le marché) l'ensemble

des questions de politique [Ostrom *et al*, 1994].

Des économistes, désignés par le terme de néo-institutionnalistes, refusent d'effectuer cette réduction à la seule dimension de coûts des processus qui rendent l'échange possible dans une société [Simon, 1991]. Pour eux les processus qui font apparaître ces institutions ne relèvent pas seulement des échanges marchands : ils ont une valeur beaucoup plus générale et s'effectuent dans un grand nombre de champs du social, et en particulier la politique [Barth, 1997]. Si un bien fait l'objet d'un système d'appropriation qui n'est pas la propriété privée, il semble assez inadéquat de négliger les aspects sociaux qui servent de cadre aux échanges, comme c'est le cas pour les ressources renouvelables communes [Weber, 1979].

Une simple analyse sous forme de coûts de transaction nie de fait la valeur plus générale des processus : elle construit une perception atemporelle des réalités [Brousseau, 1993]. Au contraire, conserver la notion d'institution inscrit le marché dans la société et son évolution : les règles d'un moment ne sont que la fixation de conventions, obtenues à la suite de longs processus historiquement analysables [Ancori, 1997].

Cette construction historique dans le long terme permet d'intégrer le fait que les institutions n'ont rien d'efficace a priori. Les systèmes de règles permettent en effet de réduire les coûts pendant une période, mais ne sont très vite plus aussi efficaces pour organiser le groupe. On peut alors analyser l'évolution historique à travers les coûts. Ainsi, l'apparition d'une institution se marque par la baisse des coûts de transactions dans les échanges, car elle permet de rendre automatique des actions jusque là négociées au coup par coup. Par contre, il arrive aussi qu'au fil du temps, une institution devienne caduque : si elle ne cerne plus bien la réalité des échanges, le coût de transaction qu'elle définit devient trop élevé.

Cela ne veut pas pour autant dire que cette institution disparaîtra rapidement, car il y a une grande inertie à la présence des règles qui définissent le comportement des agents [North, 1990]. On peut en effet considérer que certaines habitudes constituent des cercles vicieux (« lock-in »), liées à des mécanismes de renforcement : il est alors très coûteux pour un groupe de briser ce type de règles [Arthur, 1988]. Dans cette perspective, l'existence d'une institution n'engendre pas forcément des résultats optimaux mais fournit simplement un cadre d'action [Ostrom, 1990].

Cette vision s'oppose à l'idée « d'internaliser des externalités » pour organiser les activités des individus dans la société. Il semble alors beaucoup plus opportun de chercher à comprendre

quel nouvel ensemble de règles, choisi et négocié par l'ensemble des acteurs, peut être mis en place pour la coordination des actions. Plutôt que de penser que les individus recherchent une optimisation de coûts il s'agit de les amener à prendre en compte de façon cohérente un ensemble de contraintes de natures différentes.

3.1.3 Les interactions interindividuelles : stratégie ou construction commune du sens

Comme il y a plusieurs façons de percevoir les institutions, il existe aussi plusieurs points de vue sur les interactions qui ont lieu entre les individus. La théorie des jeux s'intéresse aux interactions locales en tant que stratégies. La théorie des conventions a plutôt tendance à considérer l'interaction comme le seul moyen pour les humains de donner du sens à leurs actions.

La théorie des jeux s'intéresse aux stratégies mises en place par des agents en interdépendance. Une matrice de gain est définie : s'il y a deux joueurs, à chaque couple d'actions pour un tour donné, on associe un gain pour chacun. S'il existe deux actions (a et b) possibles pour deux joueurs (x et y) :

	x fait action a	x fait action b
y fait action a	x gagne p , y gagne p	x gagne s , y gagne r
y fait action b	x gagne r , y gagne s	x gagne q , y gagne q

Dans le cadre choisi, chaque individu est alors dépendant des autres et on suppose qu'il agit en anticipant leur comportement afin de maximiser ses gains. On suppose en outre que les agents ne peuvent pas communiquer directement entre eux à propos des actions à mener : la connaissance de l'autre ne se fait que par l'observation de ses actions. On différencie les jeux coopératifs des jeux non coopératifs par la matrice des gains : dans le premier, l'intérêt de la coopération se reflète directement dans les gains individuels à chaque tour.

Un exemple important, dans le cadre des jeux non coopératifs est le dilemme du prisonnier, où l'un des agents peut soit coopérer soit trahir l'autre, doit anticiper le comportement de l'autre car il ne peut savoir ce que l'autre va choisir. Pour que l'analyse de la question ait un sens, on pose deux suppositions :

- les agents ont intérêt à coopérer si et seulement si l'autre coopère également,

- aucun des agents ne sait quand la relation va s’interrompre : un système de récursivité très simple montre qu’il ne faut jamais collaborer si l’on sait quand sera la dernière rencontre.

Ce que cherche à formaliser la théorie des jeux, c’est l’ensemble des stratégies qui permettent d’agir et d’anticiper sur les actions de l’autre agent pour savoir s’il faut ou non coopérer. A travers cette recherche, c’est vers une compréhension de la rationalité individuelle dans l’action collective que les chercheurs comptent aller. Cette étude se base sur l’identification de l’ensemble des équilibres de Pareto pour un jeu donné. Un équilibre de ce type existe si le fait qu’un seul des agents change de comportement fait perdre à l’ensemble des agents et si cet équilibre est stable. Des stratégies d’apprentissage sont donc définies pour éviter de se faire abuser, tout en étant capable de saisir chez les autres la capacité à collaborer. Pour bien réussir sur de longues durées, il semble qu’il soit nécessaire de collaborer régulièrement. L’une de ces stratégies qui a fait ses preuves en ce domaine a été élaborée par Axelrod : elle s’appelle donnant-donnant (« tit-for-tat ») [Axelrod, 1992]. Un joueur qui adopte cette stratégie collabore lors d’une première rencontre, pour ensuite copier systématiquement le comportement de l’autre au tour précédent. Sa simplicité fait qu’elle est très souvent utilisée et discutée [Stanley *et al*, 1994]. Le comportement produit est « sévère » et permet en même temps le pardon, ce qui assure des parcours au moins équivalents à ceux de n’importe quelle autre stratégie, et rend capable de collaborer si d’autres le font eux-mêmes. Dans tous les cas, même si la coopération apparaît effectivement comme stable à long terme, c’est toujours parce qu’elle correspond à un intérêt individuel des agents et ne résulte en aucun cas d’une coordination consciente.

Cette analyse sous forme d’interactions stratégiques se situe souvent dans le cadre d’analyse classique : les agents ont chacun un but prédéfini, ont des croyances sur les actions de l’autre et ne visent qu’à maximiser leurs propres gains. Ce modèle d’interaction de la théorie des jeux est utilisé parfois dans le cadre de simulations.

Une des critiques que l’on peut faire à cette approche est que tous les agents ont les mêmes fonction de calcul de leur utilité (la matrice est symétrique) et qu’il n’est jamais posée la question de la construction d’un but ou de mécanismes d’inférence. Ainsi, la matrice des gains qui permet de déterminer qui a gagné sur le long terme est posée au départ, et les agents la possèdent sans qu’il soit expliqué pourquoi, ni qu’elle ne puisse évoluer dans le temps. Toute la logique des résultats repose en général sur cette donnée. De plus le cadre des interactions est

toujours figé et les individus n'ont jamais le choix du type de relations qu'ils construisent, ni des enjeux et gains qui sont engagés. Ils semblent n'être jamais influencés par leurs relations avec les autres [Neno, 1994], ni aux résultats antérieurs. Une réponse usuelle à cette critique est de considérer que les agents agissent en fonction de normes sociales. Celles-ci leur préexistent et il est simple de dire qu'ils les ont totalement assimilées et leur obéissent, même si la réalité montre que l'usage des normes par les individus est beaucoup plus complexe et circonstancié [Livet, 1995].

Pour s'éloigner de cette vision statique et un peu tautologique des interactions, un courant économique insiste sur les processus de construction des cadres sociaux, c'est la théorie des conventions. Les agents économiques sont actifs à deux niveaux : en effectuant des échanges, ils construisent en même temps les cadres qui rendent possibles les interactions. Cette idée met en avant l'importance de la construction des savoirs communs dans toute action collective [Livet, 1995], et en particulier dans le cadre du marché boursier [Orléan, 1990]. Les conventions qui existent dans les groupes sont issues de l'adaptation des divers agents les uns aux autres alors qu'ils agissent ensemble. Les habitudes qui en résultent sont figées à un moment sous la forme de connaissances communes. Comme règle commune fixée, la convention permet de stopper l'anticipation perpétuelle du comportement de l'autre qui constitue le cercle de « spécularité infinie » présent en théorie des jeux [Dupuy, 1994]. Elles permettent alors aux membres du groupe de ne plus avoir à se mettre d'accord sur des données de base, à la conception du monde et à mettre des valeurs aux différents choix possibles. La présence de l'autre permet aux agents de faire des « économies cognitives » à long terme [Favereau, 1989], mais influence même jusqu'à leurs buts.

Si la théorie des conventions diffère de la théorie des jeux, c'est parce qu'elle postule que la connaissance des comportements de l'autre, la capacité à faire évoluer ses croyances et la construction de valeurs communes font partie des objectifs des agents tout autant que le but individuel à atteindre. La convention est construite dans l'action avec l'autre et constitue par la suite le cadre même de la pensée [Havelange, 1996]. C'est en ce sens que cette vision est qualifiée de réellement « interactionniste » [Thévenot, 1995].

3.2 Echanges non-marchands

Une autre forme d'échanges est présente dans toutes les sociétés : il s'agit de l'échange non-marchand appelé également système de don-contre-don. D'une société à l'autre, ce système n'a pas la même forme ni la même importance relativement à l'échange marchand, mais on peut constater sa présence dans toutes les sociétés [Godelier, 1996]. A la base, un don peut sembler être un acte totalement gratuit et individuel, mais sa présence généralisée dans tous les champs des relations sociales (décrite par de nombreux ethnologues dès le début du siècle [Malinowski, 1971], [Boas, 1966]) a fait que Marcel Mauss s'est intéressé à ce phénomène en le qualifiant « d'acte social total ». En effet on peut le reconnaître comme structurant autant les relations de parenté ou la définition des rapports de pouvoir que l'économie [Mauss, 1968].

Par le don, un véritable lien est créé entre les individus, qui se développe dans le temps. Ainsi, ce qui différencie l'échange non-marchand de l'échange marchand est double : ils reposent sur des motivations différentes pour les acteurs et sur des définitions différentes de réciprocité. Mauss a formalisé le fonctionnement du don en dégagant dans toutes les sociétés trois obligations sur lesquels il repose, et auxquelles tous les individus sont contraints : celle de rendre un don, celle de recevoir, et celle de donner.

Les dons auxquels je m'intéresse ici sont les dons de type économique, ceux qui concernent la circulation des biens et leur usage : il peut s'agir d'offrir un bien à quelqu'un, mais aussi de l'inviter à participer à des dépenses, lors d'un dîner ou d'une fête. Je vais donc décrire les mécanismes du don et les perceptions qu'en ont les membres des sociétés, qui en font une clé du lien social. D'autres, comme Lévi-Strauss, Godelier ou Bataille, ont pris un angle plus ethnologique pour les analyser et se sont attaché à rechercher le sens symbolique de cet acte [Lévi-Strauss, 1968], [Godelier, 1996], [Bataille, 1967].

3.2.1 Mécanismes

La première obligation, désignée par Mauss par « obligation de rendre », fait que le système du don-contre-don repose en grande partie sur le principe de la dette [Weber, 1985]. Quand un don est effectué, il n'y a pas de demande explicite de contrepartie : c'est une action qui semble unilatérale et purement gratuite. Cependant, cet acte crée en fait une dette morale pour celui

qui a reçu. Ceci engendre un déséquilibre entre les deux participants à l'échange : le receveur est, à ses yeux et à ceux des membres de la société, dans une situation de dépendance vis-à-vis de donneur. Ce déséquilibre qui est créé ne peut être défait que par un contre-don effectué par celui qui a reçu. Cependant la situation d'équilibre antérieure ne pourra jamais être recréée, même si l'objet du don est exactement le même. En effet, « la dette engendrée par un don n'est pas annulée par un contre-don identique » [Godelier, 1996]. Le lien créé par le don ne peut jamais s'effacer. Le contre-don va plutôt avoir pour effet d'enchaîner le premier donneur à l'obligation de re-donner à son tour, et un cercle récursif de dons-contre-dons est engagé [Boas, 1966].

Il découle de ces deux faits qu'une fois que le lien a été créé par le don, il est définitif : c'est ce qui en fait une grande valeur structurante pour le groupe [Weber, 1985].

En fait, il existe plusieurs formes de dons, qui dépend à la fois de la société où le don est pratiqué et du contexte, et où l'obligation de re-donner peut être ressentie de façon plus ou moins forte dans le groupe.

Il est ainsi des dons qu'il est impossible de ne pas rendre si on veut continuer à être bien considéré dans le groupe. Dans le cadre du Potlatch, exemple célèbre décrit par Boas au début du siècle [Boas, 1966], le sens du don était un véritable défi jeté à un autre membre du groupe. Ce « don agonistique » ([Mauss, 1968]) prenait chez les indiens Kwakiutl la forme de grandes fêtes ou de dons somptueux, voire de destruction d'objets de grande valeur utilitaire ou la mort d'esclaves. La puissance d'un homme libre s'exprimait à travers son désintéret total pour les biens matériels. Chacun se devait de renchérir sur le don qu'il avait reçu publiquement en organisant des fêtes encore plus somptueuses ou en offrant plus d'objets de valeurs. Il semble que le comportement décrit par Boas ait été extrême [Mauzé, 1986], mais qu'il existe effectivement des dynamiques où le don, du fait de sa dimension publique, est une contrainte infligée à un autre individu, une action violente en soi visant à créer un déséquilibre ¹.

De même, il existe des dettes qui ne peuvent être intégralement rendues : c'est sur ce principe que fonctionne l'allégeance à un chef, où des individus reçoivent des aides et une protection qui sont tellement importantes que malgré les dons réguliers qu'ils font aux autorités supérieures, où ils expriment ainsi leur obéissance, jamais la dette ne pourra être rendue. Par ce principe

¹On retrouve ceci d'une façon atténuée, à l'heure actuelle : en France, il semble difficile à une personne de ne pas rendre une invitation à dîner d'un collègue de travail, au risque d'être mal vu par la suite.

une personne peut être rendue totalement dépendante d'une autre.

Une autre obligation est celle de recevoir. Les individus qui font des dons peuvent exprimer soit un désir de créer une alliance, soit de mettre une personne au défi. Dans le premier cas, le refus de recevoir le don est une insulte à la personne. Dans le deuxième, il est la reconnaissance que l'on n'est pas capable de relever ce défi. Dans tous les cas refuser est une façon d'être mal vu par l'ensemble du groupe et de s'en exclure [Mauss, 1968].

Il est également nécessaire, lorsque l'occasion se présente, de faire des dons de façon ostensible. S'il faut impérativement rendre, et accepter les dons pour respecter les règles du groupe, il faut aussi montrer que l'on est désireux de participer à cette dynamique d'échanges et d'alliances. Les mythes mettent en avant le risque qu'il y a à ne pas se plier à cette règle, comme dans l'histoire de Cendrillon, où la fée oubliée lors de la fête va venir se venger en jetant un sort (l'exemple est cité par Mauss). Par exemple, la nécessité qu'a un chef ou un riche de donner est aussi une contrainte sociale très forte : c'est sur ce principe de redistribution que fonctionne la solidarité familiale en Afrique ². On a vu également que les éleveurs se devaient de faire des dons aux chefs pour montrer leur respect à son égard et leur désir d'être protégés.

3.2.2 Interprétation

Si cette notion de don a été beaucoup développée par les ethnologues c'est qu'elle permettait de montrer que l'accumulation de biens n'est pas une fin en soi dans les sociétés et que les comportements économiques sont très relatifs aux valeurs, contrairement à ce que les théories économiques standards tendaient à montrer [Godbout, 1994], [Debord, 1971]. Dans certaines sociétés, un grand homme ne se reconnaît pas à sa richesse mais plutôt à sa générosité [Polanyi, 1983]. On peut dire qu'historiquement, il y eut des époques où la possession avait beaucoup moins d'importance que la capacité d'accumuler, quelle que soit la façon dont elle s'exprime [Veblen, 1970]. La notion de dette, qui est sous-jacente à celle de don, est également fondamentale : comme le signale Rabelais dans le Tiers Livre, elle est la pierre de construction de la société (Chapitre 2 (« Panurge défend les débiteurs et emprunteurs ») [Weber, 1992]).

Cependant, on peut voir dans cette vision du don comme création volontaire d'une dette la

²On peut voir aussi dans l'aumône dans la société européenne jusqu'au 20^{ème} siècle un acte qui traduit cette obligation [Caillé, 1994a].

présence sous-entendue d'un calcul de type utilitariste [Caillé, 1995]. On peut argumenter au contraire qu'un don est avant tout un geste où aucune attente de retour n'est exprimée, et qui vise simplement à matérialiser un lien [Aguilar, 1984]. Même si la contrainte sociale est très forte, il n'y a aucune garantie que l'autre effectuera le contre-don que l'on attend de lui : il faut donc insister sur la dimension de pari positif sur la réaction de l'autre et sur la générosité. « Le don est une prestation effectuée sans certitude de retour en vue de nourrir le lien social » [Godbout & Caillé, 1992]. Faire un don est avant tout un pari. Anticiper la reconnaissance que les autres feront de cet acte est une façon d'affirmer sa croyance dans le fonctionnement du système. Il faut « croire » au don pour donner, et cela permet de partager avec les autres cette croyance : en ce sens, le système du don est fondamentalement circulaire. Cette dimension sociale fait que tout don est en lui-même un signe de reproduction du système, d'affirmation que les codes sont communs [Nicolas, 1986]. Pour appartenir à un groupe, il est alors nécessaire de participer, et chacun est observé alors qu'il redistribue ce qu'il a produit ou déjà reçu.

3.3 Conclusion

On a vu ici que la théorie économique donne des interprétations diverses des échanges dans les groupes.

Pour ceux qui considèrent plutôt les échanges marchands, on voit deux approches relativement antagonistes. Dans le cadre classique, on se permet d'observer les coûts sans s'intéresser au contexte social et politique, qui se projette intégralement dans cette notion. Suivant le même point de vue, les choix des individus lors de leurs interactions interindividuelles sont pensés indépendamment des explications d'une représentation du monde. Pour d'autres, pour pouvoir étudier les effets de l'économie, il faut étudier de façon spécifique les cadres qui rendent possible les échanges et dans lesquels les règles sont définies. On ne peut pas non plus se passer de considérer l'interprétation que les agents économiques font de ces cadres et l'adaptation réciproque qui découle de négociations autour des échanges.

L'analyse du groupe à travers les échanges non-marchands est plus proche de cette dernière perception des choses. Le don, au-delà d'un échange de bien est un acte qui est effectivement chargé d'un grand nombre de significations et qui permet de communiquer de façon ritualisée

et normée avec d'autres individus [Nicolas, 1986]. Si on recherche le pouvoir de reproduction du système que contiennent les actes quotidiens [Schutz, 1987], on ne peut se passer de l'étude de cette forme d'échanges de biens : sa double dimension (circulation des biens et réaffirmation des règles) en fait un processus fondamental dans toutes les sociétés. Participant à la reproduction d'un cadre qui est nécessaire pour la compréhension de l'échange marchand, le système de don ne sera donc pas ignoré dans notre étude des relations économiques.

Comme on a vu au chapitre 3, les échanges de biens sont au centre des interactions entre les différentes communautés, et participent donc à la problématique de l'accès aux ressources telle que nous l'avons définie. Ici, on constate que de nombreuses interprétations existent pour définir quels sont les échanges qui sont pertinents à étudier dans un groupe. De plus, il y a un désaccord qui concerne les raisons qui poussent les agents économiques à choisir un échange ou un autre, ou la compréhension que chacun a de l'observation des actions du groupe. Ces différentes données nous serviront par la suite pour faire des choix dans la formalisation des représentations des agents artificiels. Les différents champs théoriques nous donnent ainsi des indications sur les informations utilisées par les agents, qu'elles soient locales ou globales, individuelles ou partagées.

Chapitre 4

La confiance

Les économistes s'interrogent souvent sur le fait de savoir si les échanges avec les autres sont sûrs ou non, et comment il est possible de se garantir contre une trahison [Boissin, 1999]. D'une façon générale, on peut en effet considérer que toute coordination d'actions entre des individus pose la question du risque lié à la défection des autres et de l'anticipation de leurs choix. Il est possible de leur supposer des attitudes rationnelles liées à des intérêts que l'on cherche à percer, ce que fait la théorie des jeux [Frey, 1993]. Mais cela ne suffit pas, et les comportements réels portent en général une part d'indécidable qui rend nécessaire de se référer à la notion de confiance pour comprendre les relations entre humains [Livet & Reynaud, 1995]. Elle correspond, dans une société, à trouver un moyen d'agir et « de vivre avec la liberté des autres » et les incertitudes qui y sont liées [Gambetta, 1988a].

Cependant, malgré un usage très généralisé, le terme ne trouve pas de définition très claire. Cette confiance se caractérise par un ensemble de processus qui peuvent être conscients ou inconscients et représente la capacité à anticiper sur les actions de l'autre pour faire un choix qui dépasse la simple prise en compte d'un prétendu intérêt chez l'autre [Livet & Reynaud, 1995]. On trouve aussi une définition plus large : « état d'une personne, d'un groupe ou d'une institution face à un objet, un mécanisme, un animal, un environnement, un groupe ou une institution ; cet état est fondé sur des éléments affectifs ou sur un ensemble d'informations et permet d'anticiper une réaction ou un comportement dans telle ou telle situation » [Caillé, 1994b].

4.1 Confiance et croyances

4.1.1 « Confidence » et « trust »

Le premier sociologue à se pencher sur la notion de confiance pour en faire un objet d'étude à part entière fut Luhmann, en 1979. Jusque là, de nombreux auteurs abordaient des problématiques très proches mais néanmoins différentes, telles que le mensonge, ou analysaient l'apparition de la monnaie comme le signe d'une confiance commune dans un objet [Lewis & Weigert, 1985]. Luhmann aborde le sujet d'un point de vue fonctionnaliste. Pour lui la confiance est un mécanisme qui permet aux hommes de faire des choix, dans un monde social d'une extrême complexité [Luhmann, 1979].

Quelques années après son premier ouvrage, Luhmann précise la différence entre deux notions qui ont la même fonction mais des implications mentales différentes. Il établit une différence nette entre *trust* et *confidence* [Luhmann, 1988].

La confiance (« *trust* ») est une notion qui s'applique uniquement à des circonstances où les humains effectuent des choix conscients. Il s'agit de ce qui va pousser à s'engager dans des actions où d'autres individus sont impliqués alors qu'il est impossible de savoir avec certitude comment ceux-ci agiront. Les notions de risque et d'imprévisibilité sont ainsi fondamentales lorsqu'on pense à la confiance [Dasgupta, 1988], [Livet & Reynaud, 1995], [Lewis & Weigert, 1985], [Caillé, 1994b].

On élimine de cette problématique tout un pan des relations sociales, qui est celui des relations de pouvoir. L'individu soumis n'a par définition pas le choix dans son action et se comporte donc de façon prévisible [Bellemare & Briand, 1999]. Il faut en effet que les individus aient un choix dans leurs actions pour qu'on ne se trouve pas face à une « confiance aveugle » (*trust blindly*) qui sort de notre champ d'intérêt [Dasgupta, 1988].

La « *confidence* » désigne les croyances que les individus ne peuvent remettre en cause au quotidien. Cela recouvre tout autant les habitudes de comportement que la croyance dans l'efficacité des institutions. Un grand nombre d'actions peuvent être ainsi automatisées. Cette définition rejoint celle de Giddens [Giddens, 1987]. Celui-ci observe principalement cette confiance dans les institutions, et il l'identifie à travers les actions routinières des individus dans une société.

Dans l'étude de phénomènes macroéconomiques, cette confiance est vue comme la base de certains mécanismes de marché, comme celui de la bourse [Orléan, 1994]. Elle sert également à la compréhension de l'existence et de la stabilité d'une monnaie [Livet & Reynaud, 1995]. La « confiance », en tant que « croyance dans la continuité du monde » [Giddens, 1987] est primordiale dans toute situation.

C'est la complémentarité entre ces deux types de confiance qui est souvent mise en avant. En effet, on retrouve dans les actions quotidiennes, pour garantir une relation, tantôt la référence à l'une, tantôt à l'autre.

4.1.2 Une articulation complexe

Les relations de confiance interpersonnelle ne se construisent que dans la mesure où les individus ont confiance dans certaines institutions, et se construisent une représentation de l'autre par rapport à des attentes habituelles dans les rapports humains. Inversement, même dans un contexte très normé, les relations entre individus se construisent sur des anticipations qui nécessitent une confiance personnelle [Lewis & Weigert, 1985].

Lorsque l'on doit être aidé pour une question de loi, il faut s'adresser à un avocat. Pour pouvoir décider si la personne sera compétente, il suffit qu'il possède le diplôme nécessaire. Or on constate que la plupart du temps, en dépit de ce diplôme qui certifie la qualité du service, les individus se déterminent à partir de la réputation de l'individu ou d'une rencontre antérieure. De même, dans toutes les situations d'échanges, même entre les firmes, la confiance interindividuelle permet de rendre plus simple les relations entre les individus, qui passent de moins en moins de temps à sécuriser les relations. C'est en grande partie ce dont parle Williamson quand il décrit les relations entre firmes et observe la baisse des coûts de transaction liés à la spécification des contrats.

Inversement, dans un cadre où les institutions forcent à la coopération, tel que le milieu scientifique, on remarque que la confiance va pouvoir apparaître grâce à ce cadre institutionnel alors qu'elle n'existait pas auparavant.

Chez les Indiens Teopiscan, le mot « *confianza* » est un mot clef (« key term »). « The concept, *confianza* (trust confidence) looms large in the thought and talk of Teopiscan Indians.(...) its importance derives in large part from the fact that it is simultaneously critically

necessary and problematical in its achievement. » [Aguilar, 1984].

Cette société mexicaine baigne dans une ambiance de délation et d'abus policiers très oppressants. En outre, il n'existe aucun système de garantie et les institutions officielles ne sont pas à même d'apporter un quelconque soutien. Les individus dans le groupe apportent en général une attention toute particulière à la mise en place de relations privilégiées avec d'autres personnes. Par divers mécanismes, et principalement des dons, les habitants du village créent et renouvellent en permanence des dettes morales. Ils considèrent avoir ainsi des personnes sur qui compter, ce qui est particulièrement nécessaire dans la situation incertaine et le climat global de « mistrust » dans laquelle tous se trouvent.

Dans cette situation, les gens pensent ainsi que des dons vont permettre de créer des dettes morales qui vont leur assurer le soutien d'autres membres du groupe. Les institutions antérieures, qui font défaut, sont donc remplacées par des mécanismes qui individualisent le soutien. Tout ce système ne fonctionne néanmoins que dans la mesure où tout le monde respecte la valeur de la dette morale [Godbout, 1994].

On peut apercevoir grâce à cet exemple toute la difficulté de l'articulation entre les deux notions de confiance interindividuelle et de confiance en un système. La construction explicite de la confiance individuelle fait apparaître de nouvelles habitudes de comportement : leur existence seule crée une nouvelle institution. Comme le signale Orléan : « Ainsi, contrairement à ce que dit O. Williamson, l'efficacité de ces médiations sociales tient précisément au fait qu'elles donnent naissance à un espace radicalement différent des calculs et des intérêts ».

D'un autre côté, sans la croyance commune dans la dynamique des dons, personne ne peut s'engager réellement à croire les actions futures d'un autre individu. La confiance ne pourra s'établir que dans la mesure où des valeurs sont partagées par les individus. Elle se nourrit nécessairement de la présence d'un système, ce qui confirme sa dimension sociale [Lewis & Weigert, 1985].

4.2 Place de la confiance

4.2.1 Confiance et sanction

La question de la coopération est souvent abordée par la théorie des jeux et ceux qui considèrent que la confiance se manifeste dans le fait d'accepter de coopérer lors d'une action commune. La confiance est traduite ici comme la capacité à anticiper le risque de défection de l'autre. La tactique donnant-donnant (qu'on peut traduire également comme « confiance conditionnelle » [Dupont, 1994]) montre sa robustesse, grâce à sa capacité au pardon et à la méfiance immédiate dès le premier geste suspect.

Il semble difficile néanmoins de vouloir analyser la confiance humaine en utilisant le cadre le plus simple de la théorie des jeux. La théorie des jeux suppose avant tout que les individus vont répéter les actions en commun, ce qui est un a priori très fort car il signifie que les agents sont déjà inclus dans un système [Orléan, 1994]. Il faut en outre impérativement inclure une notion de sanction sociale pour que la défection ne soit pas un choix facile à faire [Ito & Yano, 1995]. En effet, on a vu que la notion de confiance n'a aucun intérêt si on la considère dans un système où il n'y a ni choix alternatif, ni cadre social. Ainsi, le choix de coopérer, c'est-à-dire de s'engager dans une action commune, peut reposer sur deux principes : la confiance ou la certitude qu'une sanction pourra être appliquée à l'autre s'il trahit [Dasgupta, 1988].

Dans les « intentional communities », c'est-à-dire les communautés auxquelles les individus appartiennent de façon consciente, il existe deux moyens de mettre en place un contrôle social, qui permet de garantir les actions des individus [Hechter, 1990]. Ce contrôle est composé des mécanismes de surveillance et de sanction qui permettent de s'assurer que les comportements individuels n'iront pas en contradiction avec l'intérêt commun.

Le premier moyen est l'instauration d'un système extérieur, tel qu'une police. Ce système présente de nombreux défauts : il est en particulier coûteux et on voit clairement comment le détourner. Un système semble plus efficace : la forte implication de chacun des membres dans le groupe. Tous les individus doivent avoir intégré suffisamment les buts communs du groupe pour vouloir être chacun un garant des règles. La surveillance est alors effectuée par tous, en permanence. Elle peut être favorisée par deux moyens : un accroissement de la visibilité par des moyens de diffusion généraux (« l'increased visibility ») ou la rumeur (« gossip ») dans le cas des

petites communautés. C'est cette rumeur qui sera ainsi à la base de la réputation [Greif, 1989]. La sanction elle aussi semble plus efficace quand elle est effectuée par tous : « car en fin de compte, si l'on considère la relation de confiance entre deux personnes, la garantie la plus forte que l'on a du respect de la parole de l'autre est que s'il ne la respecte pas, c'est le groupe entier (...) qui réagira contre lui » [Caillé, 1994b]. Elle pourra prendre la forme d'une punition publique (qui humilie le coupable et rappelle aux autres le danger des écarts) ou d'une exclusion. Par exemple, dans un contexte où les producteurs dépendent du crédit pour travailler chaque année, une mauvaise réputation peut engendrer l'exclusion du système de prêt [Dupressoir, 1994]. Plus l'abandon de la communauté représente une menace importante et plus la peur de la sanction est grande [Hechter, 1990].

On reconnaît dans cette description un certain nombre de caractéristiques de la communauté familiale africaine. Comme on a vu, la surveillance est effectuée par tout le monde, les informations circulent très vite, surtout par le bouche à oreille [Marie, 1997b]. Les punitions prennent souvent la forme de l'humiliation publique et plus rarement celle de l'élimination d'un membre. Faire sortir quelqu'un du groupe, et donc de tous les systèmes d'aides et de redistribution est en effet une sanction rarement mise en œuvre tant elle est grave [Gérard, 1997].

Ces systèmes qui définissent les punitions appliquées à la tricherie et les moyens de surveiller les autres sont les institutions du groupe. C'est uniquement si les individus croient dans ce système d'institutions qu'ils vont pouvoir mener avec les autres des actions en anticipant les leurs [North, 1989].

C'est en grande partie à l'organisation de ces institutions de surveillance et de sanction que la théorie des coûts de transaction fait référence quand elle considère les échanges, mais elle se désintéresse d'une analyse de l'entretien de ces institutions.

En théorie des jeux, pour pouvoir prendre en compte les diverses sanctions, il est nécessaire d'intégrer chaque interaction dans un champ plus large, en élaborant un « méta-jeu » qui contient l'ensemble des interactions sociales.

Dans ce nouveau cadre, les agents ne sont pas contraints à agir avec un autre s'ils n'ont pas confiance en l'autre : si, du fait des interactions passées avec lui, ils estiment que leur intérêt sera desservi par la relation. On voit dans ce cas apparaître une sanction, appliquée de façon spontanée par le groupe à celui qui va trahir trop souvent : personne ne voudra plus entrer en

interaction avec lui quand il le souhaitera [Stanley *et al*, 1994].

L'ostracisme peut être par la suite renforcé par l'ajout d'une circulation d'information dans le groupe, et par l'apparition d'une réputation. On peut imaginer exprimer par des seuils le nombre maximum de défections connues pour que les agents acceptent par la suite de collaborer avec celui qui n'a pas coopéré. Construire sa réputation devient un but tout autant que réussir l'action que l'on veut voir accomplie avec les autres [Lahno, 1995].

4.2.2 Une autre valeur

Un reproche peut être fait à cette vision de la théorie des jeux : c'est qu'il ne faut pas confondre la confiance et la coopération. Une coopération peut en effet faire partie d'un calcul pour créer sa réputation [Lewis & Weigert, 1985]. De plus, n'importe quelle collaboration peut être effectuée sous la contrainte d'un système de pouvoir ou d'une dépendance stricte, et elle sort alors du cadre que nous nous sommes fixé des contextes où les individus ont le choix de leurs actes [Luhmann, 1979].

On peut également considérer que la confiance ne doit donc pas être assimilée à la sanction mais être pensée, au contraire, comme son complémentaire dans les actions en commun.

Déjà, il existe de nombreuses limites à cet usage de la sanction. En effet, un système de sanction et de surveillance très stricte signifie clairement un manque de confiance : faisant perdre tout sens moral à ceux dont on veut s'assurer qu'ils respectent les règles, on obtient alors le résultat inverse de celui recherché [Frey, 1993]. De fait, l'autorité et la confiance, s'ils se définissent dans des liens de complémentarité, se développent toujours dans des directions opposées : dans une organisation, soit les écarts de pouvoir augmentent si l'on insiste sur la hiérarchie, soit ils diminuent, si l'on insiste sur la confiance [Bellemare & Briand, 1999]. Penser une organisation efficace revient à chercher un équilibre entre une référence à l'autorité et une référence à la confiance [Billette, 1999], [Mangematin, 1999].

Observer une action dans un cadre où chacun se sait observé ne suffit en aucun cas à connaître les intentions qui y président : cela ne constitue pas un indice suffisant pour concevoir les comportements futurs d'un individu [Lewis & Weigert, 1985]. Ceci est d'ailleurs un des reproches qui sont faits à la théorie des jeux qui confond trop souvent une prise de risque contrainte avec la confiance. Il semblerait qu'en fait, parler de confiance revient à parler jus-

tement de tout ce qui, dans l'action commune, n'est pas un mécanisme de surveillance ou de coercition [Luhmann, 1979].

C'est ainsi qu'une critique plus fondamentale est opposée à la description de la confiance vue sous l'angle des interactions stratégiques. Elle est menée par des économistes qui refusent de réduire les choix de comportements des individus à des calculs d'intérêt [Orléan, 1994]. En adoptant un point de vue interactionniste, il semble au contraire intéressant de comprendre la confiance comme une valeur en soi dans les sociétés. Ainsi, la confiance est un bien non aliénable [Caillé, 1994b] ou même une ressource très particulière, qui n'est jamais rare : contrairement aux autres ressources, elle augmente en étant utilisée [Gambetta, 1988a].

De plus, elle ne prend pas forcément la même place dans les relations en fonction des codes moraux. Par exemple, au Japon, les rapports de confiance sont posés a priori lors d'une rencontre et ne dépendent pas de la relation qui s'instaure. En effet, ils dépendent exclusivement du rapport social qui existe entre les individus [Yamamoto, 1990]. Il existe ainsi trois niveaux de confiance, définis par le contexte de rencontre et la familiarité : soit il n'y a pas de confiance (dans le rapport aux étrangers), soit la confiance est minimale (entre voisins), soit on part du principe que la personne nous voudra du bien (entre intimes). Cette confiance automatique définit l'ensemble des actes réalisables ou non en commun. La relation de confiance n'est donc jamais un enjeu de l'interaction et ne peut guère être modifiée : elle est posée a priori dans les rapports entre les humains et existe de façon presque tangible.

Même hors de l'espèce humaine, et dans un contexte plus global, il semble que la stratégie de création de la confiance présente des avantages tels pour l'organisme qui la déploie, qu'elle aide à la survie de son espèce [Dawkins, 1990]. Il tire cette conclusion des résultats d'Axelrod [Axelrod, 1992] et des observations dans la nature.

Plutôt que de penser que la confiance est une donnée culturelle acquise, il est possible de considérer l'inverse. En fait, à la base, l'individu fait confiance, pour la simple raison qu'il n'a pas le choix [Lagenspetz, 1992]. La situation de dépendance de l'enfant le place dans un cadre où il accorde a priori confiance aux humains qu'il rencontre. L'entrée même dans un groupe nouveau présuppose la confiance. On peut même considérer que l'apprentissage est totalement basé sur la confiance [Wittgenstein, 1951]. En effet, il s'effectue en grande partie par l'acceptation des choses montrées par d'autres êtres humains. Ce n'est qu'une fois que l'humain

connaît suffisamment les règles des autres et qu'elles entrent en opposition avec certains de ses intérêts qu'il va apprendre le raisonnement et perdre la confiance.

4.3 Comment créer la confiance ?

On a vu combien la notion de confiance comme « croyance dans l'intention de l'autre » [Livet & Reynaud, 1995] est importante lorsque s'engagent des interactions entre les humains. Il semble d'ailleurs qu'il soit aussi important pour un individu d'évaluer la confiance qu'il a en quelqu'un que de créer la confiance chez cette autre personne. On peut donc s'interroger sur l'existence de mécanismes qui vont permettre la construction ou la reproduction de cette confiance.

4.3.1 La mémoire : familiarité et réputation

Un des principaux fondements de la confiance entre les individus est la familiarité. Celle-ci s'acquiert souvent grâce à une expérience directe et répétée des actions de l'autre [Luhmann, 1979]. Ainsi, la confiance est très souvent liée à la proximité physique, tout autant qu'à une histoire commune, à une routine dans la relation [Caillé, 1994b]. La confiance a une caractéristique de renforcement, de circularité : chaque rencontre qui démontre l'honnêteté d'une personne va rendre le cadre de l'interaction future plus stable [Dasgupta, 1988], [Gambetta, 1988a].

Par exemple, des contrats de main d'œuvre qui se sont révélés fructueux vont faire que les personnes vont réemployer les mêmes travailleurs sans se soucier de la concurrence [Dupressoir, 1994]. C'est la familiarité également qui va faire que les relations de sous-traitance vont également durer dans le long terme, basées uniquement sur la confiance [Billette, 1999].

On note que c'est à ce genre de fidélisation de Williamson évite de donner le nom de confiance en la traduisant en réduction des coûts dans les relations entre firmes [Boltanski & Thévenot, 1987]. Pourtant, la familiarité qui apparaît dans le cadre de certaines relations crée des rapports souvent très riches entre les individus. A partir des qualités identifiées, d'autres sont souvent extrapolées, et aident à l'apparition de nouveaux types de relations [Frey, 1993]. C'est ce que l'on constate par exemple dans le cas des populations nomades : d'une proximité et de relations d'échanges marchands naissent de nouvelles alliances matrimoniales, jusque-là

proscrites [Bonfiglioli, 1990].

La réputation désigne ici l'ensemble des connaissances qui se basent sur l'histoire des actions de l'autre mais ne sont pas acquises par expérience directe. L'image positive ou négative d'une personne peut être fournie par un individu dont l'avis compte ou par un savoir commun à un groupe. C'est ce que l'on pourrait désigner par une confiance « médiatisée » [Caillé, 1994b].

Dans des relations de travail dans les plantations, l'existence de cette réputation est ce qui permet à des employeurs de ne jamais avoir à chercher des employés : tout le monde sait qu'ils respectent les règles habituelles, et qu'il est avantageux de leur offrir ses services [Fina, 1995]. C'est ce qui fait que certaines personnes attachent une attention toute particulière à la sauvegarde de cette réputation. Un bon comportement n'est pas toujours un signe d'honnêteté, mais indique parfois simplement le souci de conserver une bonne image auprès des autres [Lahno, 1995].

Ce qui se relie à cette idée de réputation est celle de réseaux de relations et de communautés [Paul R. Milgrom, 1990]. Appartenir à un grand réseau permet d'être connu de façon suffisamment générale pour avoir les avantages d'une bonne réputation. De plus, cela permet d'avoir les informations que l'on désire sur les personnes avec lesquelles on envisage de travailler [Dupressoir, 1994].

4.3.2 L'engagement

L'idée d'autoprésentation [Luhmann, 1979] ou d'engagement [Orléan, 1994] semble assez importante lors d'une première rencontre. Il est souvent nécessaire, pour engager une relation, de présenter ostensiblement les caractéristiques dont on sait qu'elles servent d'indices aux gens, et qui leur permettent de croire à certaines garanties.

S'il s'agit de prouver certaines capacités, on peut le faire par la présentation d'un diplôme dont la valeur est reconnue ou d'une charte de qualité. Pour faire confiance, il est alors nécessaire que les personnes qui observent ces documents aient une certaine croyance dans les instances qui les certifient. On retrouve ici l'idée de « confiance » dans des institutions [Giddens, 1987] ou de « foi » [Caillé, 1994b], toujours nécessaires.

Pour garantir son honnêteté, on peut aussi signifier explicitement son engagement par deux moyens, le serment et le contrat [Orléan, 1994]. Le serment présuppose un cadre moral commun

aux deux partis pour garantir son respect, tout comme le contrat nécessite la possibilité d'avoir recours à une sanction, et donc d'appartenir au même groupe. Dans le cadre du contrat, la sanction appliquée si l'engagement n'est pas respecté est explicitement décrite [Dasgupta, 1988]. Tout comme une surveillance trop stricte peut détruire la confiance, la présence d'un texte trop contraignant peut amener les partis impliqués à en chercher les failles et à le détourner [Dupressoir, 1994].

La bonne volonté peut aussi être exprimée par une action qui débute déjà l'interaction, sans même attendre que l'autre ait signifié qu'il était intéressé. C'est ce que l'on peut désigner par le pre-commitment [Gambetta, 1988a], qui engendre une « confiance organisationnelle » [Livet & Reynaud, 1995]. Les individus qui veulent qu'on leur fasse confiance effectuent une action qui est coûteuse pour eux, soit parce qu'elle prend du temps, soit parce qu'elle prend la forme un don [Caillé, 1994b], soit parce qu'elle lie automatiquement à un système de contraintes très important. Se désengager par la suite serait très complexe et représenterait une réelle perte. C'est pourquoi on suppose que la personne qui montre l'intention de réaliser l'action est sincèrement impliquée.

Un intérêt de cette méthode semble être qu'elle est reconnaissable facilement. Cette grande lisibilité, comparativement à d'autres stratégies de comportement, aide ceux qui veulent collaborer à effectuer leurs choix [Axelrod, 1992]. Par contre, il n'y a alors aucune certitude que l'autre va adhérer à cette demande implicite. Cet engagement est alors identifiable à un don, dans le sens où il est un pari positif [Caillé, 1994b].

Cette façon de procéder par engagement se différencie clairement d'une recherche de garantie envers la personne avec laquelle on collabore. Pourtant, pour certains, elle est le seul moyen de créer une relation de confiance véritable, en s'opposant clairement à l'idée de sanction. « Trust, on this first approximation, is accepted vulnerability to another's possible but not expected ill will (or lack of good will) towards one » [Baier, 1986]. L'exemple de la société d'indiens toepiscans illustre clairement ce cadre d'engagement : le désir de créer un lien privilégié est signifié par un don, qui représente une perte potentielle dans une société où il y a peu de surplus [Aguilar, 1984].

Cette forme d'engagement nécessite là encore des valeurs communes et des cadres d'actions partagés. De plus, ce choix d'engagement n'existe que dans la mesure où chacun est conscient

d'être observé en permanence [Livet & Reynaud, 1995], et porte donc attention à l'image qu'il produit de lui-même [Goffman, 1974].

4.4 Conclusion

S'il est délicat de donner une définition définitive de la confiance, c'est que celle-ci dépend aussi du contexte théorique dans lequel on se place :

- Sous un angle utilitariste, le groupe et les autres individus sont perçus comme des concurrents, des contraintes et des normes auxquelles il faut s'adapter. Dans ce cas la confiance est un état mental qui permet de donner des limites pour choisir dans ses actions face aux autres [Luhmann, 1979].
- Si on pense par contre que le groupe et les autres sont nécessaires et constituent l'environnement de toute humain, la confiance devient la définition même du lien social, en définissant les relations locales et reposant sur la compréhension des institutions. Elle devient alors une valeur et sa construction représente une fin en soi pour l'individu [Boltanski & Thévenot, 1987], [Boltanski, 1990].

Cependant, on peut bien dans tous les cas définir la confiance comme un concept « en creux » (Gutknecht, comm. pers. rmp99), puisqu'on sait définir principalement ce qu'elle n'est pas : la sécurité absolue. On peut en outre identifier les contextes où elle est nécessaire pour que des individus acceptent une relation.

Pour pouvoir mener une action en commun avec quelqu'un, il y a toujours deux possibilités : soit on a confiance dans la personne, c'est-à-dire que l'on croit que ses actes vont se conformer à ce que l'on attend, soit on a confiance dans la sanction qu'on pourra lui appliquer si jamais un problème se pose [Dasgupta, 1988]. On a vu quels étaient les mécanismes de la sanction. En particulier, il semble que leur efficacité soit liée au fait que les personnes appartiennent à la même communauté [Hechter, 1990]. Dans un groupe, la confiance se situe donc dans l'interstice des systèmes de sanction, de surveillance, ou de pouvoir, sans pour autant pouvoir s'en détacher [Orléan, 1994].

Pour choisir s'il va s'engager avec quelqu'un, un individu se base alors sur un ensemble d'indices qui lui permettent de se construire une représentation afin d'anticiper sur ses actions.

Trois grands mécanismes semblent être en jeu. Les deux premiers reposent sur la mémoire : par inférence, on peut supposer qu'il est possible de déduire le comportement futur des actions passées. Ainsi, grâce à une relation de familiarité, ou en obtenant des informations sur la personne par l'intermédiaire de la réputation, il sera possible de faire le choix de l'interaction. C'est pour tenter de mettre en place ces deux mécanismes chez des agents artificiels que j'ai élaboré mes systèmes, et construit diverses représentations pour les comparer. Le troisième mécanisme est une quête d'indices qui concerne les personnes inconnues : par certains signes identifiables dans les comportements, il est en général possible de catégoriser les personnes et les individus font des analyses spontanées les uns des autres lors de leurs interactions. En construisant mes systèmes multi-agents, je ne me suis pas penchée sur une description des caractéristiques de ce jeu social de présentation et d'observation.

Chapitre 5

Le système multi-agent

Le système multi-agent est un système informatique qui organise entre eux un ensemble de programmes autonomes que l'on veut faire travailler vers une même fin. Il est basé sur une idée récente en informatique (qui date du milieu de années 80 [Maes, 1994]), qui est la distribution des tâches. Elle est à l'origine d'une branche de recherche indépendante qu'on appelle Intelligence Artificielle Distribuée [Ferber, 1995].

5.1 Des modèles décentralisés pour répondre à de nouvelles questions

Les premières conceptions en Intelligence Artificielle prenaient une forme centralisée, tels que des systèmes experts. Un seul système effectue alors l'ensemble des opérations pour résoudre une question : on appelle cette approche le « cognitivisme » [Dupuy, 1994]. Alors que la recherche avançait, de nouvelles catégories de problèmes sont apparus pour les informaticiens, où le contexte d'utilisation des machines était de plus en plus varié. Il pouvait s'agir d'envoyer des robots travailler sur Mars où aucun humain ne pouvait venir les réparer [Ferber, 1995], de fournir une aide à du travail collectif à distance entre humains [Marsh, 1994] ou encore de construire des interfaces de communication qui pourraient aider efficacement des utilisateurs [Lieberman, 1998], [Hutzler *et al*, 1998].

Ces applications placent les systèmes dans des environnements très complexes, avec lesquels ils doivent interagir. La complexité des milieux est à la fois liée au fait que ces environnements

évoluent de façon assez peu prévisible et que les données qu'ils concernent peuvent être très diverses. Les anciens systèmes centralisés, très spécialisés pour résoudre un problème, étaient en général très abstraits : ils pouvaient être mis en défaut par des questions qui se posaient en « temps réel » (c'est-à-dire à la même vitesse que se déroulent des événements) [Maes, 1994].

Plutôt que de spécialiser une intelligence à la résolution d'un problème spécifique et clairement circonscrit, le choix a alors été de mettre en avant la capacité du système à s'adapter. Pour répondre à des problèmes montrant une multiplicité de facettes, le « connexionisme » est apparu, il s'agit de la distribution des tâches entre des entités, selon deux orientations :

Soit un grand nombre de petites unités intelligentes (que l'on appelle agents) sont utilisées : chacune possède des propriétés peu évoluées mais leur action en groupe permet de répondre aux problèmes qui se posent.

Soit l'agent lui-même est conçu de façon modulaire : ses capacités sont distribuées entre un grand nombre de petites unités faisant des opérations élémentaires en parallèle [Maes, 1989].

Dans les deux cas, l'intelligence n'existe qu'à un niveau collectif et n'est plus du tout centralisée : aucune des petites unités ne connaît le rôle qui lui est attribué dans la dynamique de résolution du problème [Ferber, 1996]. Une organisation où chacun des éléments est autonome mais où aucun n'est conscient des phénomènes au niveau global est désigné par le terme d'auto-organisation [Dupuy, 1994].

L'intelligence artificielle distribuée s'intéresse donc à construire des sociétés d'agents autonomes, qui agissent dans l'environnement auquel ils appartiennent, qu'il soit informatique ou réel. Pour créer cette organisation, on peut se poser deux types de questions. La première est celle de rechercher quelles sont les caractéristiques pour qu'un agent soit à la fois très simple et adaptable à son environnement. Le second est de concevoir des façons de faire vivre les agents ensemble, soit en définissant des organisations pour les coordonner, soit en les dotant de capacités à communiquer les uns avec les autres. Quatre éléments sont donc nécessaires pour décrire intégralement un système multi-agent dans son environnement : l'agent, l'environnement, l'interaction et l'organisation [Demazeau, 1995].

FIG. 5-1: Un agent est considéré comme autonome dans la mesure où il est capable de prendre une décision indépendante en fonction des informations reçues.

5.2 Construire des systèmes

5.2.1 Un agent et son environnement : adaptation ou connaissance préimplantées

Un agent est une entité autonome qui perçoit son environnement et agit dessus. L'autonomie ici n'est pas synonyme d'indépendance, bien au contraire, puisque ces agents ne sont conçus que situés dans cet environnement. L'autonomie est donc ici la capacité de l'agent à faire seul le choix d'une action en fonction de la situation dans laquelle il se trouve. Il est habituel d'exprimer cette autonomie par un schéma du fonctionnement de l'agent (fig. 5-1, d'après [Lenay, 1996a]).

Une dimension importante de cette autonomie est la capacité d'adaptation [Maes, 1994]. Elle est définie par la capacité à progresser au cours du temps en apprenant à travers l'expérience. Elle se manifeste à travers des boucles de rétroaction (les transformations de l'environnement ayant un effet sur l'agent) du type de celles qui sont utilisées de façon usuelle dans les sciences de la complexité [Pavé, 1994].

Cette idée est très différente de l'idée de comportement optimal. En premier lieu, elle n'est définie que par rapport à un environnement. Ensuite, elle suppose un temps d'apprentissage

fonctionnant par essai-erreur. Dans cette méthode heuristique, il n'y a aucune garantie qu'il n'y ait pas de meilleure solution pour le problème donné [Dawkins, 1990]. L'intention lors de la construction est de ne pas figer les agents avec des connaissances innées, et de leur fournir plutôt des capacités à apprendre tout en agissant [Minsky, 1988].

Cette idée, centrale dans la recherche contemporaine en sciences cognitives, repose sur des principes issus de la phénoménologie et du constructivisme [Havelange *et al*, 1997]. Ainsi, il faut considérer qu'il n'y a pas de compréhension innée du monde pour un humain, et que l'intelligence humaine et la perception de soi ne se construisent qu'à travers l'action, en co-évolution avec un environnement donné (Leroy-Gourhan cité par [Lenay, 1996b]), [Simon, 1991], [Denizeau, 1991]. Ainsi, l'intelligence est contenue dans le corps (capable d'action) tout autant que le cerveau [Varela *et al*, 1993], et le savoir n'existe que dans un apprentissage permanent, par adaptation aux réactions de l'environnement.

Deux questions se posent alors pour organiser artificiellement un apprentissage : comment l'agent pourra-t-il faire des choix entre des actions concurrentes et comment va-t-il comprendre l'environnement de façon à l'apprendre [Maes, 1994] ?

Pour concevoir cet apprentissage individuel il a été fait appel à des notions qui sont centrales dans l'analyse des systèmes complexes, telle que la rétroaction [Bateson, 1977]. Quand un agent agit sur le monde, il le transforme, et le résultat de son action entre dans son champ de perception.

Une façon habituelle d'apprendre est alors de renforcer la tendance à réaliser cet acte si le résultat est souhaitable, et de réduire la propension à le réaliser sinon [Drogoul, 1994]. Ceci est une méthode déjà utilisée dans la conception des réseaux de neurones [Baum, 1988]. Pour définir des agents, il peut suffire alors de leur fournir des besoins (qui les poussent à l'action) et des règles de comportement en fonction de stimuli [Drogoul, 1995]. Ce fonctionnement reposant sur des tâches à accomplir et des réponses de l'environnement permet une grande adaptation des agents à des évolutions éventuellement mal prévisibles par le concepteur.

Le processus de choix dans les actions qui est utilisé dans les systèmes multi-agents ressemble souvent à celui décrit par Minsky [Minsky, 1988]. Il décrit la conscience individuelle comme une émergence au sein d'une société d'agents, dont chacun réagit en fonction des informations qu'il reçoit des autres. Les interactions sont très bien organisées au sein de la société où sont définis

des liens de dépendance entre des agents, ou des indépendances, toutes nécessaires au bon fonctionnement de la société. Chaque activité que l'agent doit effectuer est définie par une fonction d'urgence dans la réalisation de cette activité. Toutes ces fonctions sont exprimées sans cesse et évoluent chacune au cours du temps. Quand des seuils sont franchis, l'activité à accomplir exprime une telle urgence qu'elle doit être mise en place [Bah *et al*, 1998], [Tanaka-Ishii *et al*, 1995].

Une autre façon de construire un agent est de le doter d'une capacité à anticiper son environnement. Il faut dans ce cas-là supposer une certaine régularité dans cet environnement. L'agent est alors doté de capacité à le comprendre dès son élaboration, sous forme de représentations explicites [Findler & Malyankar, 1995]. Dans ce cas-là, toute nouvelle connaissance s'intégrera dans le cadre des informations déjà organisées.

Une formalisation est souvent utilisée pour désigner les agents dans ce cas, qui est désignée par le terme de BDI : « beliefs, desires, intentions ». Les agents ont un système de croyances dans le monde et ses mécanismes, qui leur permet de construire des plans en fonction de leur environnement et de leur but. Cette tendance plus « cognitive » s'oppose en fait à la vision connexionniste définie précédemment et basée sur l'apprentissage [Dupuy, 1994].

5.2.2 Interactions

Un exemple fondateur s'est construit en s'inspirant de l'éthologie, et de l'exemple particulier des fourmis, pour décrire les interactions entre des agents très simples. Le système MANTA [Drogoul, 1992] utilise des agents ayant des connaissances innées et des capacités d'action réduites, et étant tous absolument identiques. Ces agents s'intéressent à la ressource mais aussi à des signaux laissés dans la nature par les autres agents. Ici la comparaison est faite avec les phéromones que les fourmis disséminent au cours de leur pérégrinations. L'agent artificiel lâche ces signaux d'une façon codée pour lui, et interprète également les signaux qu'il trouve, qui lui permettent de choisir son action, à un instant. Sans avoir jamais conscience de l'existence d'un autre agent qui lui serait identique, et simplement en percevant les signes que les autres laissent, il va organiser son action d'une façon non contradictoire aux actions des autres. Si le système est réussi, un observateur extérieur pourrait interpréter ces comportements comme issus d'une coordination d'actions [Ferber, 1996].

Cette façon d'organiser les interactions entre les agents afin de mettre en place une société est connue sous le terme d'éco-résolution. Cette idée de communiquer à travers l'environnement est considérée comme très importante par beaucoup de personnes qui utilisent et développent les systèmes multi-agents [Bousquet, 1996].

Il n'est pas toujours évident de savoir si les systèmes construits produisent effectivement les phénomènes émergents attendus. En général pour le savoir on utilise la simulation. Il s'agit de faire tourner les systèmes durant un grand nombre de pas de simulation, où la procédure est répétée par l'ensemble des agents [Fisher & Woolridge, 1995]. C'est dans ce cas-là que les phénomènes à un niveau macroscopique peuvent apparaître sous les yeux de qui sait les observer.

Pour créer une société d'agents, il peut aussi être nécessaire, à l'occasion, de définir des interactions explicites entre eux, sous forme de communication directe. Par exemple, on peut vouloir que les agents se transmettent des compétences plutôt que de simples informations [Gleizes *et al*, 1994]. Dans ce cas-là, les agents doivent être capables de communiquer des représentations du monde qu'ils ont en commun. Il faut également définir des langages assez complexes pour que les agents puissent se comprendre de façon non ambiguë. Sont utilisés, par exemple, un langage comme KQML qui permet à des agents de signifier qu'ils agissent, ont agi, ont une intention ou un besoin [Cohen & Levesque, 1995].

Si les agents sont conscients d'appartenir à un groupe, il est alors possible de rendre l'apprentissage plus complexe en rendant ces agents capables d'imiter les autres, et en particulier ceux qui semblent réussir efficacement [Barreteau, 1998].

5.2.3 Organisation

Le but final étant d'obtenir de bons résultats dans le travail en commun, on peut vouloir coordonner les actions des agents pour éviter une concurrence, ou de la redondance [Conte & Gilbert, 1995], [Boissier *et al*, 1992]. Ainsi, si l'on ne souhaite pas se reposer sur l'auto-organisation, il peut être intéressant de doter l'univers d'une organisation explicite [Müller, 1996].

Une façon de construire un système pour garantir l'exécution d'une tâche serait par exemple d'introduire plusieurs types d'agents ayant chacun des préoccupations à des niveaux différents par rapport à une tâche donnée. Des formes de rôles sont définis à l'avance, et certains agents

peuvent être chargés de la coordination et donner des indications aux autres pour orienter leur action [Müller, 1996]. On parlera alors de « couches » (« layers ») d'agents : à chaque niveau est attribuée une fonction par rapport au groupe, qui définit un rôle, des informations, des liens.

Pour conserver l'idée de décentralisation de l'action, tout en étant sûr de voir apparaître les comportements attendus, il n'est pas nécessaire de mettre un coordonateur de plus haut niveau. Il est également possible de pousser les agents à la coopération les uns avec les autres. Pour cela il faut utiliser des agents complexes, possédant un but explicite, pour lequel ils peuvent former des plans [Rao & Georgeff, 1995], [Castelfranchi & Conte, 1996]. Il faut également les doter d'une vision des autres agents et d'une capacité à communiquer entre eux, et à conclure des coopérations. Une méthode est alors de doter les agents d'une capacité à décider si la coordination est opportune ou non. Dans ce cas on peut doter les agents d'une fonction d'utilité, qui rend décidable pour eux le choix de la coopération [Shehory & Kraus, 1995]. Une vision un peu moins individualiste estime que cette méthode n'est pas suffisante et qu'il faut impérativement lier les agents les uns aux autres. Pour cela, on peut utiliser la méthode de l'engagement (« commitment ») [Bond, 1989], [Haddadi, 1995], [Singh, 1996]. Quand des agents cognitifs ont une tâche à accomplir, et que d'autres tâches concurrentes risquent de s'interposer, pour éviter que leur tâche principale ne soit perturbée, on les engage dans celle-ci de façon figée, ce qui la fera toujours passer comme prioritaire. Il est également possible de rendre un agent attentif aux buts des autres en socialisant cet engagement : l'agent aidera alors celui auquel il est lié, pour effectuer n'importe quelle action, dès que celui-ci en fera la demande [Sichman *et al*, 1994].

Cette description du fonctionnement social est très influencée par des notions d'économie. On trouve effectivement la notion de norme, de coopération et de compétition, où les agents font référence à des normes internalisées [Conte & Castelfranchi, 1995a]. Cette norme est présentée comme un élément qui pose une limite aux possibilités d'actions de l'agent, et qui remplace sa capacité à choisir dans certaines circonstances [Findler & Malyankar, 1995]. Le point de vue considéré est toujours en premier lieu individuel : l'agent conserve tant que le système fonctionne des objectifs propres et indépendants de ceux des autres agents. En outre de nombreuses références à la théorie des jeux sont faites [Conte & Castelfranchi, 1995b], [Stanley *et al*, 1994], [Sichman *et al*, 1993].

5.3 Conclusion

Les systèmes multi-agents représentent un champ assez récent de recherche en intelligence artificielle, qui vise à faire apparaître une intelligence plus adaptative que les systèmes informatiques centralisés. En particulier, c'est dans l'élaboration d'interfaces en relation avec des humains ou pour des résolutions de problèmes où les systèmes experts restaient sans utilité que ces systèmes se révèlent efficaces. Le moyen choisi est de construire des sociétés d'agents artificiels dont la co-action fait apparaître des situations nouvelles et pas nécessairement prévisibles par le programmeur. Il est particulièrement intéressant de comprendre comment doit se concevoir individuellement un agent pour qu'il puisse apprendre des réactions de son environnement, mais aussi comment organiser les agents entre eux, en fixant plus ou moins les rôles et les attributions de chacun dans le groupe ou au contraire en donnant collectivement aux agents la possibilité de faire évoluer leur groupe. Pour concevoir des vies sociales artificielles, les informaticiens, à la recherche de modèles de processus collectifs, se sont inspirés des sciences de la société (animale ou humaine).

Chapitre 6

Simulations multi-agents en économie de l'environnement

De nombreuses notions qui étaient présentes dans les sciences sociales et naturelles ont été utilisées pour l'élaboration des organisations et des systèmes d'apprentissage artificiels. Le transfert ne s'est pas fait dans un seul sens et un véritable dialogue s'est établi entre les disciplines concernées et l'informatique. L'usage des machines a ainsi permis de matérialiser des concepts et d'utiliser pour les tester les capacités de calcul à disposition. Grâce à l'usage des systèmes multi-agents, il devenait possible de représenter des modèles de sociétés fondés sur les interactions et l'auto-organisation [Rouchier *et al*, 1998].

6.1 Définir un modèle

Pour définir un univers artificiel on définit l'environnement, puis chacun des agents par ses caractéristiques internes (appelées attributs), ses interactions et éventuellement son rôle dans une organisation. Un agent peut représenter un individu mais aussi être un élément d'un individu, de l'environnement ou un groupe. Les simulations mettent alors en scène ces agents et les font agir dans leur environnement. En répétant ces actions il est possible de faire apparaître des structures complexes au sein des groupes [Conte & Gilbert, 1995], [Treuil, 1995].

6.1.1 Un agent et son environnement

Dans l'usage qui en est fait en sciences sociales, le système multi-agent permet de poser de façon explicite la question du rapport entre un agent ou une société d'agents et son environnement. Il s'agit à la fois de décrire ce que l'agent peut faire des ressources ou de l'espace dont il peut disposer, mais aussi de la compréhension qu'il a de son milieu.

Jim Doran a ainsi traité la question de l'apparition d'une hiérarchie dans un groupe à partir de l'idée d'usage de la ressource [Doran, 1994], [Doran & Palmer, 1995]. Dans son système, une contrainte est imposée par le milieu : la ressource ne peut être valorisée par les agents que si ceux-ci se regroupent pour accomplir une action. Pour agir en commun, les agents doivent former des alliances, où l'un des agents devient chef. Face à de nouvelles situations, les groupes ainsi formés peuvent soit se détruire, soit s'agréger, soit être renouvelés. Des hiérarchies apparaissent lorsqu'ils perdurent. Elles sont très dépendantes des règles de fidélité des agents, mais sont également déterminées de façon très nettes par le milieu dans lequel les agents sont plongés. Ces simulations permettent de tester des théories relatives à la formation des toutes premières hiérarchies dans des sociétés d'agents indépendants. Il permet aussi et d'explorer d'une façon plus générale la relation entre des conditions environnementales et l'organisation d'une société.

Un spécialiste du pastoralisme, Patrick d'Aquino, utilise le système multi-agent pour traiter du sujet de l'utilisation des ressources renouvelables sur un espace. Une étude, menée dans le contexte de la recherche pour le développement, visait à comprendre au mieux les choix des différents acteurs et en particulier, à disséquer les stratégies de recherche de fourrage par des bergers [Bah *et al*, 1998]. Dans le système est décrite la perception que le responsable des bêtes a des différentes ressources utilisées. Ainsi, c'est l'urgence de l'usage d'une ressource qui pousse le berger à se déplacer pour la chercher. L'agent a à sa disposition plusieurs façon de choisir ses déplacements, en fonction de ce qu'il comprend de son environnement. Ceci lui permet alors d'anticiper sur les manques à venir. On désigne par le terme de « stratégie » l'organisation de son déplacement en fonction des besoins. Plusieurs stratégies sont définies pour construire cette anticipation sur le milieu et la façon de les tester est simplement de faire vivre les agents avec. Pour cela elles étaient représentées dans le système, et utilisée dans des simulations. Cette pratique permet d'effectuer des corrections dans la traduction et d'affiner la compréhension des choix réels des acteurs. Comme la recherche s'intéresse au travail des bergers dans le désert,

elle n'a effectivement de sens que si les logiques d'actions s'expriment en terme de déplacement dans un milieu très fluctuant.

L'environnement dans ce contexte peut également être pris dans un sens plus large et représenter l'ensemble des agents qui entourent l'agent lui-même. Dans certains cas, l'agent peut par exemple choisir d'imiter certains des agents qu'il peut observer autour de lui, en fonction de son environnement [Barreteau, 1998]. Il doit donc être capable de comprendre les actions des autres et comment ils ont agi par rapport à la ressource pour pouvoir agir par la suite. Les systèmes multi-agents se différencient des automates cellulaires par le fait que les agents ont la possibilité de choisir leur voisinage. Ils ont en outre la possibilité de prendre en compte des informations à la fois qualitatives et quantitatives et de saisir divers niveaux d'organisation. Par l'usage de représentations complexes, il est également possible de mettre l'agent dans un environnement dont il a une vision fautive, qui n'est jamais démentie et à partir de laquelle les comportements choisis peuvent néanmoins sembler très adaptés [Doran, 1998]. Comparer des perceptions de l'environnement - qui mènent à des usages différents - peut d'ailleurs être au centre d'un travail de simulation dans un système multi-agent [Bonney *et al*, 2000].

La définition d'un environnement qui doit supporter à la fois les actions et les interprétations de l'agent est donc fondamentale. Dans la plupart des créations de sociétés artificielles, c'est par la description de ces ressources que les descriptions commencent [Bousquet, 1994], [Epstein & Axtell, 1996].

6.1.2 Interactions

On a vu que la caractérisation des interactions et de la communication est un sujet important dans les sciences sociales. Grâce à la formalisation sous forme de système multi-agent, il est possible de prendre en compte les relations entre agents de façon complexe.

Les interactions sont souvent conçues comme des échanges d'informations entre des agents [Barreteau, 1998], ou un échange de biens pour simuler des actions économiques [Epstein & Axtell, 1996], [Rouchier, 1996]. Ces échanges peuvent alors avoir lieu de façon privilégiée avec certains de ces agents ou d'autres. On peut aussi considérer, si l'information est importante, que les agents vont s'en donner les uns aux autres en fonction du contexte. Ils peuvent également choisir les liens où les agents à solliciter en fonction des échanges passés.

D'une façon un peu plus complexe, on peut considérer que les agents échangent des perceptions des choses, des points de vue. On retrouve cette idée dans la construction d'un système où sont modélisés les échanges matrimoniaux dans une société. Jean-Pierre Treuil observe alors comment le groupe se structure à travers des alliances. Comme les agents n'ont pas tous les mêmes règles d'échanges il est avant tout nécessaire qu'ils s'accordent sur les formes à donner à ces échanges [Treuil, 1995]. La communication peut ainsi consister en des échanges de représentations. Les agents pourront s'influencer les uns les autres en confrontant leurs visions des choses [Bousquet, 1994], [Bousquet & Cambier, 1990].

Un des intérêts de ces systèmes est également de pouvoir définir n'importe quel type d'agent. Même pour analyser des dynamiques liées à l'activité humaine, on peut définir autre chose que des individus comme agents. Par exemple on peut étudier la spécialisation des villes, en les faisant communiquer entre elles. Ce qu'elles s'échangent est varié : il peut s'agir d'humains, d'informations ou de biens [Bura *et al*, 1995].

6.1.3 Organisations

Pour les sciences sociales, il existe plusieurs façons de représenter des organisations et on les retrouve traduites dans des systèmes multi-agents.

On peut utiliser des organisations implicites en distribuant parmi des agents des règles de communication, des besoins et des représentations qui définissent en eux-mêmes une certaine organisation. C'est ce que l'on verra souvent dans des simulations qui s'intéressent principalement aux communications, avec protocole strict ou dans les simulations représentant des échanges économiques où les agents peuvent avoir des rôles d'acheteur ou de vendeur. Grâce à l'usage des simulations, il est possible de voir l'importance de ces règles implicites dans l'apparition d'une situation collective donnée. Si, en comparant différents systèmes de règles, certaines se révèlent inutiles, cela peut permettre de discuter leur présence dans le système de connaissance de l'agent [Terna, 1998].

Il est aussi possible de construire une organisation explicite qui a un rôle en elle-même, distincte de celui des agents. Comme on a vu que les agents peuvent représenter à la fois des agents ou des groupes, il est possible « d'agentifier » des objets abstraits ou des institutions. On fait ainsi cohabiter et communiquer des instances qui se situent à des niveaux différents

d'agrégation.

Par exemple on peut voir un agent communiquer avec un groupement d'accès à l'eau, lui-même constitué d'agents [Barreteau, 1998]. Il arrive également qu'une filière soit un agent à part entière qui intervient dans un système économique [Antona, 1998].

Grâce à cet outil, il a été possible de se dégager des anciennes formalisations centralisatrices où, grâce à un « agent représentatif », était défini un comportement homogène pour l'ensemble du groupe [Kirman, 1997]. Cette façon de concevoir la société est utilisée de façon assez générale depuis quelques années en économie, et de nombreux chercheurs se sont effectivement intéressés à l'élaboration de modèles distribués, afin de prendre en compte des dimensions nouvelles dans les modèles [Arthur, 1988].

Ces présupposés rejoignent en particulier un courant de recherche en économie qui se nomme ACE (Agent-based Computational Economics) et qui s'attache tout particulièrement à analyser les représentations individuelles des agents et à mettre en œuvre des hypothèses d'économie évolutionnaire. Leigh Tesfatsio définit un système artificiel d'échanges économiques, le Trade Network Game, inspiré de la théorie des jeux [Tesfatsion, 1997]. Celui-ci présente un cadre général de modélisation, dans lequel les agents font des actes de production et d'échange et peuvent choisir avec qui ils souhaitent interagir en se basant sur leurs expériences passées, ce qui permet d'étudier des équilibres plus complexes que si aucune distinction n'est faite dans le groupe.

Des dimensions spatiales et temporelles sont introduites dans les modèles de sociétés. En particulier, les agents voient leurs préférences évoluer sous l'influence d'un phénomène de diffusion de l'apprentissage [Lane, 1997], et on constate aussi l'évolution des préférences des agents à travers les interactions et les résultats globaux liés aux choix individuels [Darley & Kauffman, 1997], [Padgett, 1997].

L'importance de l'anticipation est souvent mise en avant pour définir la rationalité des agents, et cela permet en particulier de faire apparaître des prophéties auto-réalisatrices [Lane & Maxfield, 1997], [Arthur, 1988]. L'anticipation sur l'action des autres est décrite également chez des agents qui échangent dans un système de marché aux actions [Arthur *et al*, 1997]. Ces travaux font très souvent référence à la théorie des jeux et à des anticipations rationnelles que les agents forment les uns sur les autres.

Même si ces auteurs insistent fortement sur la décentralisation dans les descriptions de modèles, le traitement des simulations n'est pourtant pas basé sur des systèmes multi-agents mais utilise plutôt le calcul linéaire, même pour modéliser les interactions [Manski, 1997], et les résultats sont plutôt d'ordre numérique.

6.2 Observer des simulations

L'idée qui est en général à la base de ce type de recherche est d'utiliser le système multi-agent comme un véritable laboratoire artificiel, dans lequel la simulation serait une expérience contrôlée. Le sujet central des sciences sociales qui est au centre du travail est ici encore l'articulation entre les actions individuelles et les résultats collectifs. L'usage spécifique de la simulation aide dans la mesure où il aide à remplir deux objectifs : prédire des phénomènes et expliquer par la description des mécanismes. Ce que les chercheurs cherchent à faire en général est de trouver les caractéristiques minimales et essentielles pour voir apparaître certaines propriétés dans leur univers [Conte & Castelfranchi, 1995a]. On fait tourner des simulations à partir de cette description de l'univers, à partir de donnée à la fois qualitatives et quantitatives, en espérant que ces processus vont permettre l'apparition de certaines formes.

Souvent l'explication des phénomènes s'organise à travers des scénarii comparatifs pour les protocoles de simulations [Bura *et al*, 1995]. Entre les simulations, les environnements, les règles des organisations ou les agents eux-mêmes pourront être différents : en faisant ainsi plusieurs simulations dont certains facteurs varient, il est possible de décider quels paramètres sont les plus importants. En général, transformer légèrement les conditions initiales et observer les écarts dans les résultats globaux est un moyen de bien prendre la mesure de la complexité des phénomènes décrits, et des pertes que l'on risque en simplifiant trop les hypothèses [Axelrod, 1992]. Bien sûr, pour pouvoir effectuer ces comparaisons, il faut avant tout définir une certaine forme de « performance » attendue pour le modèle.

Définir l'observation est alors une question essentielle [Ferber, 1996]. Elle n'existe pas a priori, et c'est celui qui observe qui doit être conscient de ce qu'il s'attend à voir, et l'anticiper. On appelle couramment une émergence, une propriété observée qui n'était apparemment pas présente dans le système au départ (ni dans le contrôle de l'univers, ni dans les agents) et qui

est apparue du fait des actions [Baas, 1994].

Dans le cadre de la représentation de la hiérarchie chez les chasseurs-cueilleurs [Doran, 1994], le phénomène émergent identifié est la formation et la longévité des groupes. Il s'agit aussi d'étudier la durée où chacun des agents peut rester à la tête d'un groupe, la taille des groupes qui apparaissent. Un indicateur de base, pour juger d'une certaine efficacité du système est également la survie des agents en général.

Dans le cadre de l'analyse des systèmes irrigués étaient observées plusieurs campagnes de suite. D'une année sur l'autre les stratégies évoluent en fonction des voisins et de la réussite personnelle. Etre bien influencé permet, en quelque sorte, de bien réussir ses campagnes, et on peut alors juger les processus d'apprentissage [Barreteau, 1998].

Dans les simulations où des villes interagissent entre elles, c'est à la fois l'évolution de leur taille et de leurs activités qui était observée [Bura *et al*, 1995]. En particulier, les mécanismes qui étaient à la base des simulations les amenaient généralement à une grande spécialisation dans les activités.

Une autre façon de définir l'émergence est de mettre en avant la persistance ou la sélection de certains comportements dans un univers donné, et dans ce cas on peut appliquer la méthode appelée programmation génétique [Edmonds, 1999]. Certains systèmes s'inspirent des mécanismes de la sélection naturelle et de la façon que Dawkins a eu de décrire les gènes et les mèmes [Dawkins, 1990]. Dans ces modèles, il existe un univers parallèle à celui des agents où évoluent des mèmes. Chacun, s'il est utilisé par un agent, induit chez celui-ci un certain comportement. Au bout d'un certain laps de temps, si l'agent possédant ce mème a survécu, un mème produit par réplication va pouvoir être transmis. La réplication est soit une reproduction fidèle d'un mème, soit une copie altérée par une mutation. Quand la simulation tourne, on voit alors disparaître certains des mèmes dont les agents porteurs sont trop fragiles et rester les mèmes qui donnent à leurs agents les comportements les plus adaptés [Bura, 1993]. Ce que Dawkins souligne est le fait que cette vision des choses ne définit jamais une solution comme étant la meilleure, mais plutôt comme suffisamment bonne pour un environnement donné [Dawkins, 1990].

On utilise ce genre de simulation face à un problème donné, pour lequel il est nécessaire de bien définir les caractéristiques de la réplication : sa fréquence, le type de mutations qui peuvent exister et leur quantité [Hales, 1997]. Pour l'observation, il n'est alors pas nécessaire d'étudier

la survie des agents en fonction de leur comportement, mais plutôt la présence d'un même dans l'univers parallèle [Hales, 1998].

Dans le cas de l'analyse du pastoralisme, le même utilisé est une stratégie pour des agents. Le fait que cette stratégie soit encore utilisée à la fin d'une simulation est une preuve qu'elle est bien adaptée à l'univers donné, puisqu'elle a permis aux agents de trouver de la ressource tout au long de la simulation [Bah *et al*, 1998].

Parisi a voulu tester différentes stratégies de survie pour des agents en groupe, en comparant des comportements égoïste et de partage [Parisi *et al*, 1995], [Cecconi & Parisi, 1998]. Dans un univers, les agents doivent travailler à chaque tour pour obtenir d'une ressource les biens qui leur permettent de vivre. Il existe en outre un système de redistribution centralisée, une sorte de magasin où chacun dépose le produit de son travail et récupère ce dont il a besoin. Si on donne aux agents le choix de coopérer ou non, et que cette tendance de comportement est distribuée dans le groupe et peut se transmettre comme des mèmes, on constate que le même égoïste, s'il est majoritaire, détruit les agents. Par contre, si suffisamment d'agents partagent au départ, ce même survit et devient majoritaire lui-même.

Pour David Hales, il s'agit de rechercher un méta-mème, qui ne conditionne pas le comportement d'un agent, mais sa capacité à accepter les autres mèmes. Il a donc mis dans sa population, un mème qui définit une forme « d'ouverture d'esprit ». Il permet à l'agent d'être très influençable, en acceptant d'être envahi par d'autres mèmes. C'est en observant la survie des agents - qui est bien supérieure pour les populations d'agents qui possèdent ce mème - qu'il a pu voir que celui-ci était très utile dans une population [Hales, 1998].

6.3 Interprétation des résultats

6.3.1 Polémique

Le premier reproche qui est fait en général aux interprétations des résultats en système multi-agent est le fait que des métaphores plus ou moins anthropomorphiques sont utilisées pour décrire certains des mécanismes, et plus particulièrement les processus émergents.

En particulier, un sujet a été longuement (et est toujours) discuté, c'est celui de l'apparition de la coopération dans les sociétés artificielles. Dans les simulations effectuées dans le cadre de

l'éco-résolution, il est fréquent de reconnaître l'action en commun de nombreux agents comme de la coopération. Cette description correspond aux situations où l'ensemble des agents effectuent des actions concomitantes qui vont dans le même sens, et où c'est par le nombre qu'ils réussissent à l'effectuer, c'est-à-dire que le résultat est affecté si on enlève des agents dans la société. Cependant, les agents eux-mêmes ne sont jamais conscients de la présence des autres, puisqu'ils n'agissent qu'en utilisant des informations laissées dans l'environnement.

En ce sens, certains auteurs refusent l'idée de désigner ceci par le terme de coopération, auquel ils voudraient substituer co-action [Brassac & Pesty, 1996]. C'est le fait que les agents n'aient pas l'intention de travailler vers un but commun, qu'ils n'aient pas conscience de ce travail ensemble, qui fait dire que la coopération n'est pas atteinte.

De la même façon, Castelfranchi estime que l'on ne peut pas se baser, pour définir la coopération, sur l'observation de phénomènes. La même action en commun peut correspondre à de nombreux états mentaux, très différents. Pour définir la coopération, il est donc nécessaire de voir que les agents ont un but qui va dans ce sens et anticipent l'intérêt de la coopération. Si on ne se garantit pas ainsi, on risque d'assimiler tout ordre social à de la coopération [Castelfranchi, 1998].

6.3.2 Et réponse

Il devient intéressant de rediscuter ici ce qu'est un agent dans un système tel que nous le concevons. Les agents dont nous parlons ne sont que des programmes informatiques qui sont activés au cours de la simulation. La communication entre les agents, ou l'observation qu'un agent fait de son univers ne sont que des entrées et des sorties de données dans ce petit programme. De la même façon, les résultats qui sont observables à l'écran sont l'interprétation par l'interface d'un ensemble de données, traduites pour l'humain qui observe [Hutzler, 2000]. Rien, dans ce genre de système n'a de sens a priori [Batard, 1996]. Même l'idée « d'action », vue sous cet angle, est tout à fait aberrante, puisque tout n'est que transfert de petites impulsions électriques.

Tout au long d'un travail de modélisation et de simulation, il est ainsi très important de se souvenir que les interactions et la mémoire sont les seules réalités qui existent dans le système, ainsi que leur articulation. C'est donc simplement à des processus qu'il est possible de

s'intéresser, et qui sont discutés dans les résultats de simulations multi-agents.

Ici, même dans des modèles sophistiqués tendant à représenter des systèmes cognitifs humains, quand les agents ont une « compréhension » des autres ou des intentions à leur égard, ils n'ont qu'une réaction prévue par le concepteur face à certains types d'informations venues des autres [Ferber, 1996]. Dans tous les cas, la représentation de l'agent n'est que ce qui semble essentiel à son concepteur : il ne comprendra que des éléments qui lui permettent d'agir par la suite, en fonction de ce qu'il a pu percevoir¹. On considère l'interaction sociale d'un point de vue assez « behavioriste » telle qu'elle est décrite par Mead ou Schutz [Schutz, 1987] : « l'action d'un organisme n'a de sens que dans la réaction de l'organisme qui l'observe » [Mead, 1963].

C'est donc seulement le regard de l'observateur qui donne un sens au système, et en aucun cas les agents, et c'est pour cela que l'usage des systèmes multi-agents doit se situer résolument dans une approche « constructiviste » des problèmes [Nicolle, 1996]. C'est au mécanisme qu'il faut s'attacher dans la description d'un système artificiel : « La compréhension, c'est le processus et pas le résultat » (Le Moigne cité par [Drogoul, 1992]). En se positionnant ainsi, on retrouve l'idée que l'émergence n'est pas une caractéristique intrinsèque d'un système. Elle est au contraire définie par l'observation et ne regroupe que l'ensemble des phénomènes qui n'avaient pas été prévus et programmés explicitement par le concepteur-observateur [Atlan, 1991].

Dans la suite du travail, c'est à une définition minimale de l'émergence que je vais me référer : « l'émergence est ce qui ne peut être prédit qu'à partir de la simulation mais pas de façon analytique. » (ma traduction) [Gilbert, 1995]. On définira ainsi les processus pertinents, et on identifiera les formes nouvelles et les circonstances dans lesquelles celles-ci peuvent apparaître.

6.4 Usage des simulations

La simulation à partir de modèles décentralisés permet d'obtenir des résultats complexes, tout en partant de situations très simples : elle permet une élaboration progressive, « de bas en haut », partant de l'agent et faisant apparaître le collectif (« from the bottom up » [Epstein & Axtell, 1996]). On peut alors procéder par aller-retour successifs durant lesquels on dissocie

¹Les agents ne peuvent être vus, en effet que comme de réelle abstraction, comme le signale François Bousquet dans son travail sur la représentation de la pêche dans le delta central du Niger : « ...ce ne sont pas des pêcheurs que nous représentons mais plutôt des supports de processus de prise de décision [Bousquet, 1994].

clairement les paramètres les plus significatifs, et où le système lui-même peut être transformé [Bousquet *et al*, sous presse], [Barreteau, 1998], [D.Servat, 1997], [Epstein & Axtell, 1996]. Comment identifier et analyser les résultats qui apparaissent est alors une question fondamentale pour le concepteur.

Une autre qui semble encore plus importante que celle de l'interprétation qui est donnée des résultats : il faut également savoir quel usage faire de la simulation dans le discours scientifique. Parfois les chercheurs doivent aider à des prises de décision de type politique, et veulent étudier par avance les impacts de certains choix sur la dynamique d'un système. En particulier, pour répondre à des questions de gestion de ressources communes, et de choix des politiques à appliquer, cet usage est assez répandu [Benoît *et al*, 1998], [Gaume *et al*, 1998], [Herimandimby *et al*, 1998]. Pour rendre le modèle plus proche d'une réalité dans laquelle la décision doit être prise, il est fait certaines tentatives pour lier entre eux deux outils, le SIG et le modèle multi-agent, l'un offrant une carte réelle du terrain concerné et l'autre permettant à travers la simulation de donner des résultats plus faciles à mettre en rapport avec les décisions à prendre [Zunga *et al*, 1998].

Cependant il est toujours très difficile de délimiter un système artificiel qui puisse approcher la réalité complexe, ou de modéliser les représentations que les agents ont de leur environnement ou de leurs buts. Cette modélisation dépend toujours des interprétations que le programmeur a faites et de ses propres représentations. L'interprétation des résultats est comme on a vu un élément complexe qui suppose une grande connaissance du fonctionnement du système. C'est pourquoi un système de simulation ne s'utilise pas facilement de façon directe dans des processus d'aide à la décision.

Des questions se posent quant à la façon dont doit se créer un système qui tend à représenter des acteurs réels, et la façon qu'on peut choisir d'interpréter les résultats. Parfois il semble même nécessaire d'impliquer les acteurs eux-mêmes dans la création des agents qui doivent les représenter [Bah *et al*, 1998]. Ce difficile processus de modélisation d'un phénomène réel, qui puisse amener à des interprétations directes, représente un travail de recherche à part entière [Barreteau & Bousquet, 1999a], [Bousquet, 1997].

C'est pourquoi de nombreux chercheurs préfèrent discuter grâce à leurs simulations des approches théoriques plutôt que des cas de terrain [Doran & Palmer, 1995]. Ainsi il est possible

de faire des comparaisons entre les outils abstraits utilisables en fonction des différents types de problèmes qui se posent [Kirman, 1997], [Lifran *et al*, 1998], [LeBer *et al*, 1998]. Comparativement aux autres modes de simulations, l'intérêt principal du système multi-agent est qu'il permet de représenter des agents qui se situent dans un environnement fluctuant, ont des points de vue divers, et peuvent faire évoluer leurs liens dans le temps. C'est pour pouvoir représenter la société en utilisant ces différentes caractéristiques que j'ai choisi de construire des systèmes multi-agents pour analyser et décrire les mécanismes qui engendrent la confiance dans un groupe.

Chapitre 7

Simulations multi-agents et confiance

7.1 Les simulations multi-agents et l'élevage transhumant

En travaillant sur l'organisation de l'accès aux pâturages pour les éleveurs nomades à l'Extrême-Nord du Cameroun, il apparaît que les relations que les individus entretiennent entre eux y jouent un rôle fondamental. C'est pourquoi il semble pertinent de s'intéresser aux liens, à leur formation et leur renouvellement, ainsi qu'aux règles qui les définissent. Ici, c'est plus particulièrement aux échanges de biens que je me suis intéressée pour analyser les interactions. Il existe deux grandes façons d'aborder ces échanges, qui se différencient principalement sur l'explication des motivations des acteurs et au sens qu'ils donnent à l'action. La théorie classique met en avant l'intérêt de l'échange pour obtenir des biens : c'est l'objet qui se situe au centre des motivations. De façon alternative, plusieurs courants proposent de considérer que l'acte d'échanger a une grande importance en lui-même, et participe en cela à la création des valeurs dans le groupe : les normes, les institutions, et ce qui représente par la suite un intérêt pour les membres du groupe, ne peuvent apparaître qu'à travers des processus historiques lors de ces échanges. Un aspect particulièrement intéressant dans cette problématique peut être de comprendre le rôle que la confiance joue dans l'ensemble des transactions qui ont lieu entre des individus. Pour considérer la question de la confiance, je me suis attachée à identifier les mécanismes qui la font apparaître et la reproduisent. Elle se crée à travers les actes d'indivi-

dus, actes qui sont organisés et interprétés par rapport aux règles du groupe et à son histoire. Trois grands mécanismes sont à l'origine de cette confiance : la routine dans les relations, la réputation et la présentation.

Une approche à travers la modélisation semblait une voie intéressante, permettant d'isoler certains éléments précis d'un système complexe à travers une description formelle [Moigne, 1990]. En outre l'apparition de la confiance à travers les interactions a été ici comprise comme un processus qui se déroule dans le temps. L'usage de la simulation semblait donc tout à fait indiqué pour mener cette approche sur l'évolution des relations entre des individus. De nombreux outils de simulation sont utilisables à l'heure actuelle par les chercheurs en sciences sociales [Gilbert & Troitzsch, 1999] : depuis les systèmes dynamiques jusqu'à l'usage de mécanismes évolutionnaires. Parmi ces différents outils, le système multi-agent semble un type de modélisation qui permet de décrire les représentations d'un agent situé dans un environnement sur la base de nombreux paramètres. La présence de nombreux agents et des multiples interactions qu'ils construisent sont par ailleurs traduites d'une façon qui permet un traitement simple au niveau informatique, à la fois dans le déroulement des simulations et dans l'observation des résultats. Ces différentes raisons font que le système multi-agent est de plus en plus fréquemment utilisé pour construire des univers virtuels qui évoquent des sociétés réelles. Ici, il semblait particulièrement adapté à une explicitation poussée de la forme des échanges qui ont lieu et de la compréhension que les agents doivent en avoir, ainsi qu'à une analyse des représentations qui pouvaient apparaître lors des simulations.

7.2 Systèmes multi-agents et confiance

7.2.1 L'agent confiant de Steve Marsh

Tout comme Luhman en sciences sociales, Steve Marsh a été le premier à utiliser explicitement l'idée de confiance dans des communautés d'agents artificiels [Marsh, 1994]. Par la suite, d'autres usages se sont développés pour utiliser cette confiance, dans le cadre d'un apprentissage ou du commerce électronique.

Il l'a utilisé dans le cadre du travail distribué entre des individus : ceux-ci mettent un travail distribué en commun grâce à l'usage d'un réseau d'ordinateurs. On désigne ce travail par le sigle

CSCW (pour computer-supported cooperative work). Steve Marsh, qui s'est particulièrement intéressé à cette question, est le premier chercheur en informatique à formaliser la confiance.

Dans le cadre du CSCW [Marsh, 1997], [Thimbleby *et al*, 1994], la notion de confiance est une façon de gérer le travail en coopération à plusieurs, en évitant de fixer des contraintes aux autres et à soi. L'idée est la même que dans le cadre de la coordination dans une organisation [Hechter, 1990], [Mangematin, 1999], c'est celle de créer un équilibre pour réduire au maximum les dépenses en infrastructures contraignantes et pour laisser une grande flexibilité.

Ici, grâce à une gestion efficace de la mémoire, gérée par un ordinateur-coordonnateur, il n'y a pas besoin de punition. Grâce à la surveillance mutuelle et la mémoire des actions passées, il est possible d'associer à chaque individu agissant dans le groupe une probabilité de réussir certains types de tâches. Selon l'importance de la tâche et les personnes disponibles à un instant, c'est la machine qui va décider de qui méritera la confiance en étant capable d'effectuer telle ou telle tâche (« trustworthy »).

Si la confiance est mobilisée ici, c'est bien qu'on est dans un univers de risque : le fait de tenter l'acte peut éventuellement mettre un agent (ou le groupe entier) dans une plus mauvaise situation que celle où il était précédemment.

Le formalisme qu'il a mis en œuvre peut très bien s'interpréter dans un cadre plus général et même être utilisé dans des contextes de simulation où des agents confiants (« trusting agents ») seraient nécessaires [Marsh, 1994]. Il repose sur quelques principes très simples, qui sont inspirés en grande partie des différents auteurs du livre de Gambetta [Gambetta, 1988b], ainsi que de Luhmann [Luhmann, 1979].

La confiance de x en y :

- n'existe que par rapport à une action que x veut effectuer ou voir effectuer.
- est totalement apprise. Elle ne s'élabore que par l'observation des actions passées de y, et fonctionne grâce à une série d'inférences, et concerne à la fois les compétences de y et sa bonne volonté à coopérer. Les inférences dépendent alors de :
 - si y a déjà fait cette action-là pour x,
 - si y déjà effectué d'autres actions pour x,
 - si y n'a jamais effectué d'action pour x.

- La formalisation de la confiance prend alors la forme d'une valeur dans $[-1;1[$. Si la valeur n'est jamais de 1, c'est que la confiance n'est jamais absolue (« blind trust ») auquel cas le concept n'a pas à être utilisé. On suppose en outre que les inférences se basent sur la supposition de la réciprocité, et sur une dynamique d'augmentation perpétuelle lorsque la confiance est confirmée par une action réussie, « self reinforcing ».
- à partir de ces connaissances il faut savoir si x voudra ou non solliciter y ou accepter de l'aider. On utilise alors l'idée d'importance et d'utilité de l'action, comme pour le CSCW, et une limite est posée (« cooperation threshold »). La coopération est choisie ou non en fonction de 3 critères : la confiance dans l'autre (ici : T), l'utilité pour l'agent qui demande (U) et l'importance que ça a pour lui (I), selon la formule : $T*U*I$.

Il semble que la définition de la confiance que l'on trouve dans ce modèle soit assez restrictive, puisqu'elle ne concerne, de fait, que la familiarité [Marsh, 1994]. De ce point de vue le formalisme s'est révélé intéressant puisqu'il a été utilisé par son auteur dans des simulations et a permis de voir apparaître des dynamiques de relations plausibles qui s'élaborent dans le temps. Ce formalisme a en outre été repris dans le contexte d'une modélisation BDI [Castelfranchi & Falcone, 1998].

D'autres formalismes sont également basés sur l'apprentissage à travers les relations, et sont utilisés dans les mêmes contextes [Jonker & Treur, 1999], [Schillo *et al*, 1999].

Dans la mise en place de modèles de sociétés BDI, il est commun que les agents possèdent une capacité à s'engager dans une action avec l'autre. Ce désir d'aider l'autre, « l'engagement », est souvent préimplanté dans les agents et ne fait pas l'objet d'une évolution au cours du temps.

7.2.2 D'autres usages et formalismes

Un des usages que l'on peut identifier est dans la construction de la cognition d'un agent au sein d'un groupe [Esfandiari, 1997]. Le but est là aussi de créer un agent assistant à la gestion de réseau informatique dans un travail avec les humains. Dans le réseau les assistants ont besoin de connaissances sûres pour exécuter leurs tâches. Ils apprennent par l'action, en possédant simplement des systèmes d'inférence, mais pas de connaissances innées (l'inspiration est de Pattie Maes [Maes, 1994]). On veut éviter que l'agent artificiel ait à se faire confirmer ses

savoirs auprès de l'humain intervenant tout au long du processus. Par conséquent, il interroge les autres agents artificiels au sujet de la validité de ses savoirs. La confiance en l'autre est utilisée ici pour juger s'il conservera effectivement le savoir validé ou non. A la découverte d'un nouvel agent, celui-ci est testé sur des connaissances considérées comme sûres, afin que son domaine de compétence puisse être délimité. L'agent peut même comparer avec les réponses des autres agents [Maes, 1994].

L'idée est qu'avant d'avoir confiance dans une information, on la vérifie d'abord auprès d'un agent en qui on a confiance. Inversement, la confiance en un agent vient quand il répond de façon adéquate quand on le teste. L'usage de la confiance est basé sur une véritable transitivité et également sur un réseau de relations où l'on peut comparer les avis. Cela représente exactement les éléments qui n'étaient pas présents dans la définition précédente.

L'usage principal qui est fait en système multi-agent de la notion de confiance est lié au développement des réseaux, comme on a pu le voir lors du workshop de Seattle [Castelfranchi & Falcone, 1999]. L'intention des concepteurs est de développer des outils qui permettent de sécuriser les accès à certaines fonctions dans ces réseaux [Wen & Mizogushi, 1999] pour éviter que des informations ne soient accessibles, que des actes malintentionnés ne soient effectués.

En particulier, dans le cadre du commerce électronique, il est nécessaire de s'assurer que les informations resteront confidentielles, ou que personne ne pourra se faire passer pour quelqu'un d'autre. Les transactions qui ont lieu à distance par l'intermédiaire d'agents électroniques sont en effet liées à des transactions « réelles ». Pour répondre aux différentes questions, les réponses sont elles aussi diverses.

Il est ainsi possible d'insister sur la sécurisation des accès, à travers l'attribution de codes et la cryptographie [Wong & Sycara, 1999], ou par la limitation extrême des autorisations [Serban & de Riet, 1999]. Il semble en effet que la meilleure façon de sécuriser les relations soit à travers la création de communautés, au sein desquelles la réputation serait le principal élément de surveillance [Ganzaroli *et al*, 1999]. Ces communautés devraient à la fois partager des informations et des règles de comportement, ce qui n'est pas forcément évident puisqu'elles regroupent des individus répartis dans de nombreux pays [Tan & Thoen, 1999].

Le terme de confiance, dans ce contexte, suggère plus une « recherche de garanties », et se relie principalement à des questions de surveillance et de sanction.

On voit par contre la confiance au centre de certaines expériences partagées par un grand nombre d'informaticiens sur le réseau. En effet, des communautés se sont créées non pas pour protéger des possessions mais plutôt pour partager et créer en commun de nouveaux biens. C'est le cas de la Linux-community : elle regroupe un grand nombre de programmeurs sur toute la planète, qui travaillent tous en commun à perfectionner un système d'exploitation gratuit, qui n'est pas loin de concurrencer Windows [Ganzaroli *et al*, 1999]. Au sein de ces communautés, c'est sa réputation que chacun met en jeu quand il s'engage à participer à l'action commune et récupère pour cela les codes partagés [Raymond, 1998].

7.3 Conclusion

C'est l'approche par la simulation de processus sociaux qui m'intéresse particulièrement, qui fait que j'ai choisi de représenter les mécanismes qui créent la confiance, à l'échelle du groupe, plutôt que de traiter, comme Steve Marsh, d'une approche plus « psychologique » de sa formation. C'est donc vers une recherche de phénomènes minimaux à décrire que je me suis engagée dans ce travail, en m'inspirant des différents courants d'interprétation, en faisant le choix de la comparaison.

Deuxième partie

Simulations multi-agents et échanges marchands

(Modélisation de la routine dans les
relations interindividuelles entre
transhumants et sédentaires)

Chapitre 8

Description du modèle

8.1 Cadre théorique

Le modèle construit vise à étudier la notion de régularité dans l'échange. Cette routine de relations, qui engendre la familiarité, semble une des bases de la confiance qui naît entre les individus, tout autant qu'elle en est un signe. Mélanie Requier-Desjardins, lors de son premier travail de terrain avait identifié ce type de routine dans les relations entre les transhumants et sédentaires, qui sont au centre de notre travail commun.

Deux constats un peu contradictoires nous poussaient à étudier de façon un peu plus approfondie les questions de régularité. Les routes de transhumance sont des axes très stables, empruntés globalement par l'ensemble des éleveurs. Cependant, des modifications sont perceptibles en permanence. Elles peuvent être légères : parfois, la composition des campements se transforme du fait du départ d'un des éleveurs qui s'attache à un autre groupe. Elles sont parfois plus importantes, un lignage entier décidant de quitter définitivement une zone et de résider dans une nouvelle région pour toute la saison. Comme on le voit, une grande régularité existe dans les parcours, mais les éleveurs font également preuve d'une capacité à changer radicalement de zone d'installation : ceci posait le problème d'un éventuel éclaircissement des motivations dans les choix de parcours et de rencontres.

Le cadre d'analyse qui a été choisi est celui de l'économie classique. Celle-ci nous permettait d'envisager deux types de représentations du monde pour des acteurs : l'une inspirée de l'économie, basée sur la recherche du moindre coût ou du gain maximum ; l'autre fondée sur

l'idée d'une institution qui postule l'importance de la fidélité dans les relations. Comme nous nous situons, pour les deux représentations, dans une perspective économique, la survie des troupeaux est vue ici comme une bonne utilisation des revenus de la vente du bétail, identifiée comme le seul moyen principal d'obtenir des liquidités. C'est en voulant utiliser ces différents points et en se référant à la vie quotidienne des éleveurs du Cameroun que le système artificiel a été défini.

Dans le système artificiel, des agents possèdent des troupeaux et d'autres sont responsables des accès à la ressource. Des négociations sont nécessaires pour organiser l'usage de la ressource. Toutes les interactions entre les agents sont vues comme des échanges marchands et la perception du monde des agents est traduite sous forme de coût. À partir de cette optique, il est possible de comparer deux approches pour comprendre la régularité de ces relations : celle qui considère que les choix se basent sur un intérêt en terme de coûts et celle qui envisage plutôt que le lien a une valeur recherchée par les agents.

8.2 Objectifs

Deux formes de représentation ont été traduites dans un monde artificiel, et les agents en ont été dotés. Ces « représentations » sont les éléments qu'ils conservent en mémoire et permettent par la suite de mettre en œuvre leurs règles d'action. On souhaite évoquer, dans les deux cas, le fait que tout refus représente une perte potentielle : dans ce contexte, chaque agent anticipe le risque de se voir opposer un refus par rapport à son passé, en fuyant les agents qui ont trop refusé.

Pour le premier type de logique, la rationalité des agents est basée sur une optimisation en terme de coûts. Dans ce cas, ces agents sont capables d'effectuer le calcul des coûts relatifs aux échanges qu'ils mettent en œuvre. On traduit le risque de refus en considérant que ce risque équivaut à une augmentation des coûts de l'accès. Les agents recherchent alors les interactions qu'ils estiment les moins chères.

Le second type de logique suppose que les agents voient un sens et une valeur à la relation en elle-même. Il cherche donc à reproduire les interactions réussies, c'est-à-dire là où ils ont reçu le moins de refus par rapport aux rencontres réussies.

C'est la simulation qui nous a servi de méthodologie pour analyser les différents processus envisagés. Des agents artificiels, dans un univers virtuel, doivent faire des choix pour effectuer des demandes d'accès en fonction de leurs représentations. Leurs interactions avec les sédentaires se traduisent par un usage de la ressource qui la modifie au cours du temps. Ce que nous observons au cours des simulations sont les résultats en terme de reproduction des troupeaux et de forme de relations entre les différents agents.

L'objectif est alors de pouvoir observer un monde artificiel où des échanges ont effectivement lieu entre des transhumants avec des troupeaux qui perdurent tout au long de la simulation et des sédentaires dont la ressource n'est pas intégralement dégradée. Il est aussi important de voir apparaître des routines dans ces échanges, par la répétition régulière des liens. A partir de différents scénarios, il est alors possible de comparer les résultats en fonction du type de rationalité et de mettre ainsi en avant l'importance de la représentation que les agents se font de ceux avec qui ils échangent et de ce qu'ils recherchent dans l'interaction.

8.3 Le modèle

Trois populations d'agents sont présentes. La première est celle de « transhumants » artificiels qui possèdent des bêtes qui doivent avoir accès à l'eau et au fourrage. La seconde est celle des « sédentaires » artificiels qui possèdent une terre où le fourrage pousse chaque année. La quantité de fourrage peut diminuer d'une année sur l'autre si trop de bêtes ont été présentes sur la terre ou si aucune bête n'est venue. Les sédentaires appartiennent à des villages, qui possèdent chacun un « chef ». C'est cet agent qui est responsable de l'accès à l'eau du village. A chaque tour les transhumants vont dans trois villages, où ils demandent l'accès à l'eau. Chaque année, ils peuvent choisir parmi l'ensemble des villages, sans contrainte en fonction de leur choix précédent. Ils s'adressent alors à deux sédentaires dans le village choisi pour demander des accès à la terre.

Tous les accès sont définis par des accords : un droit d'accès est donné en échange d'une compensation (en un bien qui sert de référent de valeur et que l'on appelle ici de l'argent). Chacun des sédentaires exige un coût d'accès à sa terre qui lui est propre et qui est constant tout au long de la simulation. Chaque chef se caractérise aussi par un coût constant. Tous les

accords d'un sédentaire ou d'un village sont faits à ce prix là, quel que soit le transhumant qui fait la demande.

Les accords sont proposés par les transhumants. Les villages qui reçoivent les propositions acceptent forcément de recevoir les transhumants, mais n'ont qu'un nombre limité de bons accès, tous les autres étant mauvais. Ils ne font payer leur propre coût d'accès que dans le cas où ils ont un bon accès à offrir, sinon ils font payer ce que le transhumant offre. Les sédentaires peuvent refuser la présence du transhumant, en fonction du nombre de troupeaux déjà présents sur leur terre et du prix proposé. Ils font toujours payer leur coût d'accès quand ils acceptent la venue d'un transhumant.

Pour représenter la vision de type « économique », la logique des transhumants est de s'adresser à des sédentaires qu'ils considèrent comme peu chers afin de dépenser le moins possible d'argent. Pour représenter la tendance « relationnelles », la logique des transhumants est de s'adresser aux sédentaires qui les ont le mieux reçus dans leur histoire.

Les relations sont définies par un unique type de communication : un envoi d'accord par un transhumant qui correspond à sa proposition et un renvoi d'accord, qui correspond à la réponse du chef ou du sédentaire.

8.4 Agents et déroulement d'un tour

Il y a trois populations d'agents dans l'univers créé (fig. 8-1), les Transhumants, les Sédentaires et les Chefs (fig. 8-2).

Les transhumants possèdent des bêtes, une bourse contenant de la monnaie, ont une image de leurs relations et sont doté au départ d'un coût d'accès à l'eau et à la terre qu'ils proposent par défaut.

Les sédentaires appartiennent à un village qui possède un chef, chacun a une terre dont la taille est posée au départ. La disponibilité est le nombre de bêtes qui peuvent être acceptées sur la terre, et qui varie en fonction du nombre de bêtes reçues.

Ces agents utilisent des Accords pour communiquer entre eux, qui sont de deux types, et la mémoire de l'agent concernant ses rencontres est une liste de Jugements concernant les agents qu'il a rencontrés (fig. 8-3).

FIG. 8-1: Les caractéristiques de l'univers et les méthodes qui coordonnent les actions des agents.

La qualité de la relation est ici un entier : c'est l'écart entre le nombre d'accès accordés et le nombre d'accès refusés.

8.4.1 Un tour

Un pas de simulation dans l'univers est représenté (fig. 8-4).

Il y a une phase de prévision, pendant laquelle les transhumants vendent éventuellement des bêtes, puis préparent les accords qu'ils vont proposer. L'un après l'autre, les transhumants envoient une demande d'accès à l'eau au chef concerné, jusqu'à ce que toutes soient envoyées. Puis, l'un après l'autre, ils envoient une demande d'accès à la terre à un sédentaire choisi, jusqu'à ce que toutes soient envoyées.

8.4.2 Vente

Pour un transhumant, la dépense maximale qu'il peut effectuer pour un tour vaut :

(3* accès à l'eau maximum + 6*accès à la terre maximum + 9* coûts de communication)

FIG. 8-2: Les trois classes d'agent. Le lien signifie ici que les deux agents peuvent être respectivement des attributs les uns des autres.

FIG. 8-3: Caractéristiques des objets du modèle : deux sous classes d'Accord et une classe Jugement.

FIG. 8-4: Déroulement d'un pas de temps

Si la bourse du transhumant est inférieure à cette somme, il vend une bête : le nombre de bêtes diminue de 1 et la bourse augmente de 200.

8.4.3 Préparer les accords pour les chefs et les sédentaires

Le transhumant choisit d'abord les trois villages dans lesquels il veut se rendre, choisit deux sédentaires dans chacun de ces villages.

- Dans les simulations au hasard tous ces choix se font au hasard.
- Dans les simulations à priorité coût, il calcule le coût global des villages :

Coût d'accès à l'eau anticipé + 2 * (moyenne des coûts d'accès anticipés des sédentaires du village)

Il choisit alors les trois villages considérés comme les moins chers, puis les 2 sédentaires qui ont les plus bas coûts d'accès imaginés (coût anticipé) dans chacun des villages.

- Dans les simulations à priorité fidélité, il calcule les appréciations globales des villages :

Qualité de la relation au chef + (somme des qualités des relations des sédentaires du village)

Il choisit alors les trois villages qui ont la meilleure appréciation puis, sélectionne les deux sédentaires avec qui la relation est la meilleure dans chacun de ces villages.

Le choix à priorité fidélité et à priorité coût ne se porte que sur des agents qui ont déjà été rencontrés auparavant¹.

Les accords sont élaborés à partir des choix de villages et de sédentaires qu'ils ont fait :

Accord pour l'accès à l'eau	Pour chacun des chefs choisis
Demandeur	Le transhumant
Répondeur	Le chef choisi
Date	date du tour
Accès	bon
Coût	coût d'accès à l'eau choisi

¹C'est pourquoi les simulations débutent toujours par une phase de découverte au hasard de nouveaux agents.

Accord pour la terre	Pour chaque sédentaire choisi
Demandeur	Le transhumant
Répondeur	Le sédentaire choisi
Date	date du tour
Accès	nombre de bêtes du transhumant
Coût	coût d'accès à la terre choisi

Le coût d'accès choisi dépend dans tous les cas de l'histoire de la relation :

- si le transhumant n'est jamais allé dans un village, il propose son propre coût d'accès à l'eau, et tant qu'il n'a pas rencontré le sédentaires, il propose son propre coût d'accès à la terre.
- si le transhumant connaît le chef il propose CA_{vil} et s'il a déjà rencontré le sédentaire il propose CA_{sed}

8.4.4 Négociations

Quand les transhumants ont envoyé une à une leur demande d'accès à l'eau, la réponse des chefs dépend uniquement de l'ordre d'arrivée (fig. 8-5), tandis que celle du sédentaire dépend à la fois du nombre d'accès déjà fournis et du prix proposé (fig. 8-6).

8.4.5 Bilan du transhumant

En terme de production, le transhumant fait un bilan des accès qu'il a obtenu à l'eau et à la terre pour déduire combien de bêtes il a gagnées ou perdues (fig. 8-7).

En termes financiers, il déduit de sa bourse la valeur d'un coût de communication (qui est fixe) pour chaque proposition qu'il a faite et le coût de chaque accord accepté.

L'apprentissage est une évolution de la mémoire concernant chaque village :

Réponse du chef	Coût anticipé par le transhumant	Qualité de la relation
Le chef propose un bon accès	$CA_{vil} = \text{Coût Répondu}$	qualité de la relation +1
Le chef propose un mauvais accès	$CA_{vil} = (\text{Coût Proposé} + 0,2)$	qualité de la relation -1

FIG. 8-5: Réponse d'un chef lors d'une demande d'accès.

FIG. 8-6: Réponse d'un sédentaire en fonction de la proposition d'accord d'un transhumant. Le nombre maximum d'accord qu'un sédentaire peut proposer dépend de sa disponibilité : si elle est inférieure à 30, il peut accepter un troupeau, sinon, il peut en accepter trois. Refuser un accès pour le sédentaire revient à envoyer un accord ou la quantité d'accès est nulle.

FIG. 8-7: Le bilan de production d'un transhumant à la fin du tour.

et chaque sédentaire :

Réponse du sédentaire	Coût anticipé par le transhumant	Qualité de la relation
Le sédentaire a accepté l'accord proposé	$CA_{sd} = \text{Coût Répondu}$	qualité de la relation +1
Le sédentaire a refusé l'accord proposé	$CA_{sd} = (\text{Coût Proposé} + 0,2)$	qualité de la relation -1

On peut expliciter ici comment, globalement, une rencontre peut faire apprendre un transhumant :

- Si le coût d'accès proposé dans l'accord est inférieur à celui du sédentaire :
 - Si le transhumant est le premier, l'accord est accepté et le transhumant apprend le vrai coût d'accès du sédentaire.
 - Si le transhumant n'est pas le premier, l'accord est refusé, et il augmente alors l'évaluation du sédentaire de 0,2. Ceci engendre une augmentation de son erreur d'estimation totale, mais ne lui donne pas une connaissance réelle du coût du sédentaire.

- Si ce coût d'accès proposé dans l'accord est supérieur ou égal à celui du sédentaire :
 - Si le sédentaire a moins de trois accords scellés, l'accord est accepté et le transhumant apprend le vrai coût d'accès du sédentaire.
 - Sinon, l'accord est refusé, et il augmente alors l'évaluation du sédentaire de 0,2. Ceci augmente l'erreur d'évaluation qu'il avait du coût d'accès.

8.4.6 Bilan du sédentaire

En fonction du nombre total de bêtes des accords du tour, la disponibilité pour l'année suivante est déduite :

Bilan des accords du sédentaire	Effet sur la ressource
Aucun accord et disponibilité < 30	Disponibilité inchangée
Aucun accord et disponibilité > 30	Disponibilité devient (disponibilité * 0.9)
Nombre > (3*disponibilité) total de bêtes acceptées	Disponibilité devient (disponibilité * 0.9)
Nombre total de bêtes acceptées correct	Disponibilité devient minimum de ((disponibilité * 1,4), et taille des terres)

Chapitre 9

Définition des simulations

A la base, trois expériences sont définies, chacune se définissant par le type de représentation utilisée par les transhumants dans leurs choix. Dans ces trois situations ont été conduites des simulations qui visaient à comprendre les dynamiques en terme d'usage de la ressource, d'évolution des troupeaux et de rencontres. Il y a eu également des simulations pour pouvoir comparer la réaction du système à des perturbations : des hétérogénéités ont été imposées entre les agents ou des modifications dans le système de réponse des sédentaires qui leur font refuser les accès pendant une période.

Le but de ces simulations est à la fois de pouvoir comprendre le fonctionnement du système, mais également de pouvoir comparer le type de régularité qui peut être établi en fonction de la représentation. La régularité est un effet que nous voulions voir apparaître. La flexibilité (ou capacité à s'adapter) des agents, face à des perturbations, était un autre point qui nous intéressait.

9.1 Les simulations de référence

Les simulations se déroulent sur 400 pas de simulation. Au départ les agents sont initialisés (fig. 9-1) puis à chaque pas de simulation, un tour de jeu est réalisé comme défini précédemment.

A chaque pas de simulation, l'ordre d'arrivée des transhumants dans les villages et auprès des sédentaires varie de façon aléatoire. Tous les transhumants possèdent le même nombre de bêtes au départ. Tous les sédentaires possèdent la même taille de terre. Les coûts d'accès sont

FIG. 9-1: Les valeurs des paramètres au début de la simulation.

compris durant toute la simulation, dans un intervalle fixé au départ.

Les transhumants ne possèdent aucun savoir sur les sédentaires au départ. C'est pourquoi pour les simulations où ils choisissent selon des préférences, une période de découverte (en général de 50 pas de temps) est laissée au début pendant laquelle toutes les demandes sont faites au hasard.

Simulation au hasard

Les transhumants font tous leurs choix au hasard (demandes d'accès à l'eau et d'accès à la terre).

Simulation à priorité aux coûts

- Pendant 50 tours, les transhumants font tous leurs choix au hasard.
- Par la suite, tous les choix sont faits avec une priorité aux coûts.

Simulation à priorité à la fidélité

- Pendant 50 tours, les transhumants font tous leurs choix au hasard.
- Par la suite, tous les choix sont faits avec une priorité à la fidélité.

9.2 Des variations dans les scénarios

Pour les trois types de simulation présentés précédemment, plusieurs types de scénarios ont été élaborés. Etudier l'influence des paramètres d'initialisation ou de certaines variations dans le déroulement permet de comprendre mieux la dynamique du système. Ce qui a été recherché est tout d'abord l'influence des différents paramètres fixés au départ, afin de juger si les résultats obtenus variaient beaucoup en fonction de ceux-ci. Ces différentes simulations permettaient de saisir les dynamiques de ressources et d'animaux, ou les formes de relations et l'évolution des représentations. Ensuite, les dynamiques de rencontre des agents ont été testées dans des perturbations qui permettaient de voir quelle forme d'adaptation, à la fois individuelle et du système, pouvait être observée.

9.2.1 Simulations avec variation des conditions initiales

Toutes ces simulations sont identiques aux simulations de référence, dont elles ne diffèrent que par les conditions initiales :

Simulations « taille des terres »

La taille des terres est identique pour chaque sédentaire, elle varie de 50 à 150.

Simulations « nombre d'accès à l'eau »

Le nombre de bons accès à l'eau est identique pour tous les villages, allant de 0 à 12.

Simulations « nombre de bêtes »

Le nombre de bêtes est le même pour tous les transhumants. Au départ il vaut la valeur de la variable, qui va de 50 à 150.

Simulations « inégalité des terres »

Les sédentaires sont répartis en deux groupes et dans chaque groupe, la taille des terres diffère : dans le premier groupe chacun en possède 50, dans l'autre 150.

Simulations « inégalité du nombre d'accès à l'eau »

Les villages sont répartis en deux groupes et dans chaque groupe, le nombre de bons accès à l'eau diffère : dans le premier groupe chacun en a 2, dans l'autre 10.

Simulations « inégalité des troupeaux »

Les transhumants sont répartis en deux groupes égaux et dans chaque groupe, le nombre

de bêtes par troupeaux au départ diffère : dans le premier groupe chacun en possède 50, dans l'autre 150.

Simulations « constante d'apprentissage »

La constante d'apprentissage est fixée au départ de la simulation. Elle peut aller de 0 à 2.

Simulations « écart des coûts d'accès à la terre »

On fait varier l'écart maximum entre le plus haut coût et le plus bas coût d'accès à la terre. Il peut aller de 0 à 10. Ces scénarios ne sont utilisés que pour les simulations à priorité coût.

Simulations « écart des coûts d'accès à l'eau »

On fait varier l'écart maximum entre le plus haut coût et le plus bas coût d'accès à l'eau. Ces scénarios ne sont utilisés que pour les simulations à priorité coût.

9.2.2 Simulations avec des dynamiques différentes

Ces simulations permettent de juger de l'importance de l'histoire sur les équilibres trouvés dans le système, et percevoir mieux, ainsi, les modifications de comportement des agents face à des perturbations.

Simulations « rétablissement de la terre »

Au 100ième pas de simulation la disponibilité de la terre est remise à son niveau pour tous les sédentaires.

Simulations « temps d'apprentissage »

La durée de hasard au début de la simulation peut varier.

Simulation « ordre figé »

L'ordre d'arrivée des transhumants ne varie pas : ce sont toujours les mêmes qui font leur proposition en premier.

Simulation « refus systématique » (variable)

Les réponses des sédentaires sont perturbées pendant une période. Dans certains villages (leur nombre est fixé au départ comme une variable), tous les sédentaires refusent de façon systématique les accès aux transhumants entre le 150 et le 200 pas de simulation.

9.2.3 Valeurs des paramètres des simulations

Type de simulation	hasard	priorité coût	priorité fidélité
De référence	oui	oui	oui
Taille des terres (V = taille des terres)	V = 50 - 150	V = 50 - 150	V = 50 - 150
Accès à l'eau (V = nombre d'accès)	V = 0 - 20	V = 0 - 20	V = 0 - 20
Nombre de bêtes (V = nombre de bêtes au départ)	V = 50 - 150	V = 50 - 150	V = 50 - 150
Inégalité des terres	oui	oui	oui
Inégalité des accès à l'eau	oui	oui	oui
Inégalité des troupeaux	oui	oui	oui
Constante d'apprentissage (V = constante)	V = 0 - 2	V = 0 - 2	V = 0 - 2
Ecart de coût des chefs (V = écart maximum)	V = 0 - 10	V = 0 - 10	V = 0 - 10
Ecart de coût des sédentaires (V = écart maximum)	V = 0 - 10	V = 0 - 10	V = 0 - 10
Rétablissement de la terre	oui	oui	oui
Temps d'apprentissage (V = durée)		V = 10 - 100	V = 10 - 100
Refus systématique (V = nombre de villages)	V = 0 - 8	V = 0 - 8	V = 0 - 8

9.3 Observation des simulations

Les différents critères sont observés dans leur évolution au cours de la simulation, et de façon globale pour caractériser la simulation dans son entier.

9.3.1 Production

On observe à chaque tour :

- Pour un transhumant : le nombre de bêtes.

- Pour un sédentaire : la disponibilité de la terre.
- Globalement :
 - le nombre total de bêtes dans l'univers,
 - la taille de la terre disponible en totalité,
 - l'écart maximal de taille entre les troupeaux.

De façon globale, pour caractériser la simulation :

- Le nombre de troupeaux à la fin.
- Les résultats globaux au dernier tour (nombre de bêtes, écart, disponibilité).

9.3.2 Rencontres

On s'intéresse à la répartition des transhumants sur les terres et dans les villages :

- Pour un chef : le nombre de transhumants présents dans son village.
- Pour un sédentaire :
 - le nombre de fois où aucun transhumant ne demande d'accès,
 - le nombre de fois où il a reçu trop de bêtes,
 - le nombre de rencontres régulières, stables, constantes.
- Pour un transhumant :
 - le nombre de refus essuyés auprès des sédentaires,
 - sa régularité dans les rencontres.

Une rencontre est régulière si le transhumant et le sédentaire se rencontrent deux fois en dix pas de simulation ; elle est stable s'ils font des accords à plus de la moitié des tours ¹ et constante s'ils se rencontrent plus de 50 tours d'affilée.

Pour la simulation, on s'intéresse au :

- nombre de rencontres constantes, stables qui ont eu lieu,

¹A partir du moment où les choix ne se font plus au hasard.

- nombre total de refus sur certaines périodes : après le changement de méthode de choix des transhumants, pendant les périodes de perturbations, ou sur la durée entière de la simulation,
- nombre de villages dans lequel un transhumant est allé, le nombre de sédentaires qu'il a rencontré à partir du moment où il fait des choix en fuyant les refus,
- nombre de sédentaires qui ont été ignorés à partir du moment où les choix ont débuté, et le nombre de tours pour chacun.

9.3.3 Apprentissage

Pour évaluer l'évolution de l'apprentissage d'un transhumant, il existe deux critères. Pour le transhumant "i", à une date donnée :

- $\text{erreurSavoir}_i(\text{date}) = \text{Somme} (CA_{ij}(\text{date}) - C_j) \{\text{pour tous les sédentaires "j" connus}\},$
- $\text{erreurSavoir2}_i(\text{date}) = \text{Somme} (CA_{ij}(\text{date}) - C_j) \{\text{pour tous les sédentaires "j" rencontrés à ce tour}\}$

Pour un transhumant, on s'intéresse également au nombre de sédentaires dont il connaît précisément le coût réel d'accès.

On considère alors les sommes globales d'erreur pour l'ensemble des transhumants.

Pour la simulation, on observe :

- les erreurs globales à la fin
- le nombre moyen de sédentaires dont chaque transhumant connaît précisément le coût réel d'accès, au dernier tour.

En général, dans les schémas, quand une courbe sur 400 pas de simulation est présentée, les résultats sont les valeurs d'une simulation typique. Quand des valeurs moyennes ou des relations entre deux valeurs sont données, il s'agit de résultats moyens pour 25 ou 50 simulations.

Chapitre 10

Simulations au hasard

Les simulations au hasard ont été effectuées au départ afin de connaître la dynamique du système avant de se lancer dans une analyse des dynamiques de rencontres. Les deux scénarios de perturbations ont été alors testés. Certaines des simulations duraient 400 pas de simulation et d'autres 250, car la dynamique des simulations au hasard se stabilise assez vite.

10.1 Déroulement d'une simulation de base

10.1.1 Nombre de bêtes et disponibilité

Dans les simulations au hasard, les troupeaux de tous les transhumants évoluent d'une façon analogue. Le nombre de bête augmente pour chacun, passant de 80 à environ 130 en 70 pas de simulation, ce qui donne un total de plus de 4000 têtes (10-1). Ce nombre ne varie pas de plus de 5 ou 6 bêtes par la suite. A partir du moment où le nombre de bêtes est fixe, l'écart entre le plus grand et le plus petit troupeau ne dépasse pas 45.

De même, on n'observe pas de différence entre les sédentaires dans la dynamique de la ressource. La disponibilité en terre de chacun des sédentaires varie en permanence au cours du temps. Il lui arrive de diminuer jusqu'à 27, puis de remonter jusqu'à sa valeur initiale, 80 (qui est le maximum possible) (fig. 10-2). C'est pour cela que la quantité totale de terre disponible n'est pas tout à fait stable (fig. 10-1).

A partir du 100ième tour, la stabilisation du nombre total de bêtes correspond en même

FIG. 10-1: Nombre de bêtes dans l'univers et la somme de la disponibilité pour tous les sédentaires sur 400 pas d'une simulation au hasard. L'équilibre est vite atteint et il n'y a que très peu de variations. La ressource est dégradée au départ puis subit toujours de légères variations.

FIG. 10-2: Disponibilité de la terre de trois sédentaires sur 400 pas de simulation au hasard (le nombre de bêtes qui peuvent être reçues). La ressource varie beaucoup pour chacun (ici on a une simulation où la taille des terres est de 100).

temps à la fin de la chute de la disponibilité globale.

10.1.2 Rencontres

Le nombre de transhumants présents dans chaque village varie entre 0 et 20 au long des simulations. Le nombre de sédentaires qui ne reçoivent jamais de demandes varie entre 0 et 8 de façon aléatoire tout au long de la simulation. Sur l'ensemble des simulations effectuées, à chaque tour, il y a une moyenne de 3.2 sédentaires ainsi « ignorés » et sur 400 pas de simulation, aucun des sédentaires ne reste plus de 25 pas de simulation sans recevoir de demande. Le nombre de sédentaires qui reçoivent trop de bêtes augmente en même temps que le nombre de bêtes par troupeau : partant de 2, il atteint une moyenne de 35 à chaque tour.

A chaque pas, les transhumants demandent des accès à 6 sédentaires, situés dans trois villages. La découverte de nouveaux sédentaires se fait très rapidement au début puisque les transhumants n'en connaissent aucun, mais comme la rencontre est aléatoire, le nombre de nouveaux rencontrés diminue au cours du temps. Après 20 pas le transhumant connaît entre 19

FIG. 10-3: Nombre de sédentaires connus en moyenne par les agents, sur 120 pas de simulation.

et 25 sédentaires, et il faut environ 70 tours pour que tous les transhumants aient proposé un accord à tous les sédentaires au moins une fois. Le premier transhumant a avoir rencontré tous les sédentaires, sur l'ensemble des simulations, a mis 24 pas de simulation. La toute dernière rencontre recensée dans les simulations s'est produite au plus tard au 138ième (fig. 10-3).

Sur l'ensemble des demandes effectuées auprès des sédentaires, les transhumants reçoivent des refus. Le nombre de refus diminue nettement au cours des 100 premiers pas de simulation, et oscille de façon importante par la suite (fig. 10-4). Tous les transhumants reçoivent à peu près le même nombre de refus. Dans l'ensemble, ce nombre passe de 70 à une moyenne de 35, qui dure toute la simulation.

Dans la période où le nombre de refus est important, certains des transhumants en reçoivent beaucoup moins que d'autres au cours des premiers tours, mais cette différence s'estompe par la suite. On rappelle que quand un transhumant fait une demande d'accès à un sédentaire :

- s'il le connaît il lui propose le coût d'accès qu'il imagine de lui,
- sinon, il lui propose son propre coût d'accès.

Quand un transhumant a un coût d'accès élevé, il a moins de chance de proposer au sé-

FIG. 10-4: Nombre de refus opposés à l'ensemble des transhumants dans une simulation au hasard : il diminue un peu en moyenne puis reste très variable, dans un ordre de valeurs constant.

dentaire un coût d'accès inférieur au sien. A la première rencontre avec un sédentaire, il ne sous-estimera que rarement son coût et aura donc moins de chances de refus que les autres. De plus, recevant plus de réponse positive, ils connaîtront plus vite les coûts d'accès des sédentaires. Cette différence entre les coût de départ a une influence sur la taille des troupeaux au départ, mais disparaît en moins de 60 tours.

10.1.3 Apprentissage

En rencontrant les sédentaires, les transhumants apprennent par la même occasion leurs coûts d'accès.

On peut conclure que dès lors qu'un transhumant a conclu un accord avec un sédentaire, l'estimation qu'il fait de son coût d'accès sera supérieure ou égale à la réalité.

A la suite du premier accord conclu, le coût anticipé par le transhumant sera son vrai coût d'accès qu'il proposera au tour suivant. Si le sédentaire accepte, ce coût d'accès anticipé restera identique. Sinon, il augmentera. Par la suite, il ne pourra donc en aucun cas être inférieur au coût d'accès réel.

Il existe deux indicateurs pour déterminer la qualité de l'apprentissage d'un transhumant :

- la somme de l'écart entre le coût anticipé et le coût réel pour tous les sédentaires connus,
- la somme de l'écart entre le coût anticipé et le coût réel pour toutes les demandes faites à un tour.

De façon globale on calcule alors la moyenne des erreurs de l'ensemble des transhumants.

Dans les simulation au hasard, l'erreur des transhumants augmente au cours du temps (fig. 10-5). A partir du 130ième pas de simulation, tous les transhumants surestiment globalement les sédentaires et, même si l'erreur subit de légères fluctuations au cours du temps de façon individuelle, elle reste globalement stable, et très faible : elle atteint une moyenne de moins de 0,01 pour chaque coût connu. Il en est de même de l'erreur à chaque tour dans les demandes.

Chaque transhumant connaît en moyenne le coût réel d'environ 52 sédentaires à partir du 70ième pas de simulation. Ce résultat explique celui observé pour le nombre de refus opposés. Si le nombre de refus est plus important au début, c'est parce que deux raisons expliquent que le sédentaire n'accepte pas la présence d'un transhumant. La première raison est le fait que

FIG. 10-5: Erreur d'évaluation par les transhumants des coûts des sédentaires qu'ils connaissent : dans la phase d'apprentissage, il y a une sous-estimation qui devient une surestimation, dès que suffisamment de sédentaires ont été rencontrés.

le transhumant propose un coût trop bas, la seconde raison vient d'un trop grand nombre de demandes pour le sédentaire. C'est cette seconde raison qui perdure au-delà du 100ième pas de simulation, car aucun transhumant ne sous-estime plus le coût d'un sédentaire (fig. 10-6).

10.2 Quelques variations de données initiales

Ces simulations ont été effectuées pour voir dans quelle mesure la quantité de bêtes supportable par la terre et le nombre de bêtes sont liées. En effet on a posé une relation entre ces données au niveau local et on cherche à les retrouver à un niveau global.

10.2.1 Variation du nombre de bêtes au départ

On fait varier la taille des troupeaux au départ, en figeant la taille des terres à 80 pour tous les sédentaires. A la fin d'une simulation de 400 pas de temps, on se rend compte que le nombre de bêtes vaut toujours à peu près la même valeur, quelle que soit la dotation initiale (fig. 10-7). La proportion est en général stabilisée au bout de 200 pas de simulation, et on voit

FIG. 10-6: Nombre de refus qui sont opposés au transhumants au total, en parallèle de ceux dus uniquement à un trop grand nombre de demande. Cette raison est la seule qui subsiste à partir du 100ième pas de simulation.

FIG. 10-7: Le nombre de bêtes est équivalent au bout de 150 pas de simulation, quel que soit le nombre initial.

FIG. 10-8: Tant que le nombre de bêtes augmente, l'écart entre le plus petit et le plus grand est important.

très nettement que si trop de bêtes sont dans l'univers au début, leur nombre diminue dès les premiers tours et que si trop peu de bêtes ont été mises, leur nombre augmente. La disponibilité finale ne dépend pas non plus du nombre de bêtes au départ .

Dans ces simulations, les troupeaux ont de petites différences de taille à la fin. Ceci est vrai tout au long de la simulation s'ils sont grands au départ (au-delà de 80), par contre des troupeaux petits grandissent de façon plus inégale (fig. 10-8).

10.2.2 Variation de la taille des terres

Quand on a fait varier la taille de la terre de tous les sédentaires de façon équivalente au départ, on constate qu'il n'y a pas de variation dans la dynamique des relations, ni dans l'apprentissage au cours du temps (fig. 10-9). La seule différence que l'on observe, est que le nombre de bêtes augmente en proportion : la corrélation dans les résultats finaux entre la disponibilité en terre et le nombre de bêtes à la fin est de 0.99. La totalité de la disponibilité est toujours légèrement supérieure au nombre total de bêtes.

FIG. 10-9: Le nombre de bêtes à la fin dépend directement de la taille des terres au départ. Il en est de même de la disponibilité finale.

10.2.3 Remise à niveau de la ressource

Au bout du 150ième tour on remet la ressource à son niveau initial. A ce moment, dans les simulations au hasard, le nombre de bêtes et la ressource sont tous les deux à un niveau qui n'évoluait plus et valait la valeur de l'équilibre déjà identifié au paragraphe précédent.

A priori, cette modification peut avoir une conséquence assez importante, localement pour un sédentaire. Certains sédentaires avaient une disponibilité inférieure à 30, et ne pouvaient accepter qu'un accès, au lieu de trois. A cette date le système retrouve donc sa disponibilité en terre mais aussi le nombre d'accès redevient maximal.

L'influence au niveau global de cette modification sur les résultats est presque imperceptible : le nombre de refus ne diminue que très légèrement, le nombre de bêtes augmente de quelques unités par troupeau. Cependant au bout de seulement vingt pas de simulation, l'équilibre dans la relation terre disponible - nombre de bêtes, que l'on avait avant la remise à niveau de la ressource, est retrouvé (fig. 10-10).

FIG. 10-10: La remise à niveau de la ressource ne change rien à l'équilibre déjà atteint.

10.2.4 Accès à l'eau

Au cours des simulations que nous avons effectuées, les villages avaient tous le même nombre d'accès à l'eau, qui peut varier de 0 à 20. Les situations où il y a moins de 5 bons accès à l'eau par village sont très dommageables pour la dynamique de survie des bêtes (fig. 10-11). On constate que les écarts de taille entre les troupeaux et toute la dynamique des rencontres n'est pas influencée par la variation de ce nombre. Au-delà, les résultats sont équivalents pour toutes les valeurs. 5 est donc le nombre d'accès à l'eau nécessaire mais aussi suffisant pour que les bêtes ne disparaissent pas dans les simulations au hasard.

Ce résultat est dû au fait que tous les villages reçoivent un nombre aléatoire de demande à chaque tour, dont la moyenne est de 5, lorsqu'il y a une trentaine de transhumants choisissant au hasard.

FIG. 10-11: A partir de 5 accès à l'eau, la taille des troupes n'est plus influencée par le nombre d'accès à l'eau

FIG. 10-12: Dans les simulations où une inégalité de taille est créée artificiellement entre les troupes au départ, l'écart ne persiste pas.

FIG. 10-13: Il y a plus de bêtes quand la ressource est répartie de façon homogène dans l'univers.

10.3 Des données hétérogènes pour les agents

10.3.1 Nombre de bêtes au départ hétérogène

Si on met des troupeaux de taille très variable au départ, avec un écart d'un centaine de bêtes, on voit les gros troupeaux diminuer de taille tandis que les petits grandissent. Au final, tous les troupeaux sont de même taille, et le nombre de bête total correspond à la taille de la terre (fig. 10-12). Il est impossible, au bout d'une centaine de pas, de faire une différence entre les transhumants et de déterminer lesquels étaient les mieux dotés au départ.

10.3.2 Des accès hétérogènes

On a fait en premier lieu des simulations où les sédentaires ne pouvaient pas tous recevoir le même nombre de bêtes sur leur terre : la moitié en recevaient 50 et l'autre moitié 150. Dans ce cas-là, on constate que les troupeaux grandissent moins que si la simulation est menée pour une taille totale des terres équivalente, mais où tous les agents peuvent recevoir le même nombre de bêtes (fig. 10-13). L'écart entre les troupeaux est également moins important que pour une

FIG. 10-14: L'hétérogénéité des terres induit un plus grand écart de taille entre les troupeaux simulation où tous les sédentaires peuvent recevoir 100 bêtes (fig. 10-14).

Par contre, on constate que la présence d'un nombre de bêtes moins important permet que la terre soit moins « dégradée » (fig. 10-15).

Répartition des terres	Terre totale disponible à la fin	Nombre de bêtes total	Ecart maximal moyen entre les troupeaux
Deux groupes de sédentaires : soit peuvent accepter 150 bêtes, soit 50	5910	3842	44
Tous les sédentaires peuvent accepter 100 bêtes	5300	4406	28,5

Comme les transhumants se déplacent au hasard, ils vont forcément sur des terres dont la taille n'est pas très importante et ceci limite le nombre de bêtes en leur en faisant perdre. On obtient ce que l'on pourrait désigner par une « sous-utilisation » de la ressource, qui est en

FIG. 10-15: La terre est moins dégradée si elle est répartie de façon hétérogène.

même temps ce qui permet de la préserver.

On a également fait des tests où les villages sont séparés en deux groupes avec des nombres d'accès à l'eau différents. Dans la moitié des groupes, les chefs peuvent fournir dix bons accès à l'eau, tandis que dans l'autre moitié c'est seulement deux bons accès qui sont fournis. On compare ces résultats à la situation où tous les villages ont le même nombre d'accès de 6. Quand les transhumants choisissent au hasard, il n'y a pas de différence entre ces simulations et celle où la ressource en eau est répartie également : à nombre d'accès total équivalent, le nombre de bêtes, la dégradation de la ressource, et l'écart entre les troupeaux restent les mêmes.

10.3.3 Influence de l'ordre d'arrivée

Dans les simulations dont les résultats ont été présentés précédemment, l'ordre d'arrivée variait à chaque tour. Or, on peut s'interroger sur l'influence d'une fixation de cet ordre d'arrivée. A priori, si on fige l'ordre d'arrivée des troupeaux, on introduit une inégalité entre les transhumants qui perdure du début à la fin de la simulation. En effet, à tout moment, le premier arrivé est sûr s'obtenir un accès auprès du sédentaire auquel il le demande. Par contre, le dernier a plus de chance d'arriver quand les terres sont déjà utilisées par les autres.

FIG. 10-16: Il y a une différence nette entre les premiers arrivés et les derniers, pour le nombre de bêtes à la fin, dans les simulations au hasard.

Au départ tous les transhumants ont le même nombre de bêtes. Il y a deux indicateurs choisis à la fin d'une simulation pour juger si l'ordre d'arrivée a eu une influence sur la survie des troupeaux.

Le premier indicateur est la comparaison des moyennes sur 50 simulations de 250 pas de simulation de différents critères pour les trois premiers transhumants et pour les trois derniers dans l'ordre d'arrivée. Sur 25 simulations, on constate que les trois transhumants qui arrivent à la fin reçoivent beaucoup plus de refus que les autres : ceci a un impact sur leur représentation des coûts, qui est plus fautive que celle des autres (fig. 10-17), mais a aussi une incidence sur leurs troupeaux (fig. 10-16).

Pour déterminer le second indicateur, on classe les agents par nombre de bêtes au bout de 400 tours, et on observe la moyenne du classement dans l'ordre d'arrivée au cours d'un pas de simulation (fig. 10-18).

Fixer l'ordre d'arrivée permet donc de créer une inégalité qui perdure durant tout le long de la simulation au hasard et se retrouve dans les résultats finaux. Cela met en avant le fait que la limitation de la ressource peut se manifester en terme de concurrence entre les agents, où

FIG. 10-17: La représentation des derniers arrivés est beaucoup plus fausse que celle des premiers agents, ce qui est dû au fait qu'ils reçoivent plus de refus.

FIG. 10-18: Les agents qui ont le plus petits troupeau arrivent en moyenne en 25ième position, tandis que ceux avec le plus gros arrivent en moyenne en 5ième position.

les derniers arrivés sont désavantagés. Il est très satisfaisant de retrouver ce résultat au niveau global, même s'il découle directement des règles de réponse des sédentaires.

10.4 Perturbations

La perturbation qui a été introduite dans le système se manifeste par un refus systématique de certains sédentaires face aux demandes des transhumants. Ces sédentaires sont tous ceux qui appartiennent à un village donné, et on fait différentes simulations où le nombre de ces villages « perturbés » varie. Le but est de voir si l'équilibre qui a été obtenu au niveau global dans la relation entre la taille de terres et le nombre de bêtes est influencé par l'histoire de la simulation ou s'il ne dépend que des règles d'évolution de la ressource.

L'influence de ces perturbations est très nette : le nombre de bêtes décroît très vite. Comme les transhumants vont dans tous les villages de façon aléatoire, leurs troupeaux sont perturbés de façon homogène. Cette décroissance est d'autant plus importante que le nombre de villages perturbés est élevé. Par contre, dès la fin des perturbations, le nombre de bêtes augmente de nouveau et l'équilibre nombre de bêtes - terre disponible redevient rapidement le même qu'avant les perturbations. Pendant les 50 pas où a lieu la perturbation, tous les troupeaux subissent des pertes à peu près analogues et le nombre de bêtes réaugmente pour tous après la fin de cette période jusqu'à atteindre l'équilibre habituel.

10.5 Conclusion

On peut noter qu'il existe une très grande régularité dans la façon dont les simulations se déroulent, quand les transhumants choisissent au hasard. Les variations entre les simulations sont en effet négligeables dans les résultats finaux, et toutes se déroulent de façon comparable. Le fonctionnement du système est directement dépendant de la taille totale des terres mais pas des conditions initiales ou de l'histoire. Qu'on mette un petit ou un grand nombre de bêtes à l'origine, que la disponibilité en terre soit rétablie ou qu'au contraire les transhumants aient à subir des refus, l'équilibre final entre cette taille de terres et le nombre de bêtes est toujours à peu près équivalent. Pour des simulations au hasard, le nombre de bons accès à l'eau minimal pour obtenir une survie optimale des bêtes est de 5.

Dans les simulations où aucune inégalité entre les transhumants n'est imposée, l'écart maximal de taille entre les troupeaux est plutôt faible, comparativement à la taille moyenne. La seule inégalité qui peut se répercuter dans les résultats de production des agents sur le long terme est d'ailleurs la fixation de l'ordre d'arrivée : à l'inverse, si on pose une hétérogénéité dans la taille des troupeaux au départ, on la voit disparaître assez vite.

De ces résultats, on conclut que les simulations au hasard sont très stables. C'est seulement si on modifie la dynamique d'arrivée des agents que disparaît l'homogénéité habituelle entre les transhumants. Globalement, on obtient alors un résultat que l'on souhaitait représenter : les résultats d'un agent dépendent principalement de sa possibilité à avoir accès à la terre et à l'eau au cours de la simulation, sans être influencé par ses caractéristiques initiales.

Chapitre 11

Simulations à priorité aux coûts

Dans les simulations à priorité coût, on laisse les agents choisir au hasard les villages et les sédentaires pendant 50 pas de simulation. Au bout de cette durée, tous les transhumants connaissent au moins 60 sédentaires. A partir de cette date, ils ne rencontrent plus un seul nouveau sédentaire mais retournent voir ceux qu'ils connaissent déjà. Dans leur connaissance des autres et des villages avec lesquels ils ont communiqué, ce sont les coûts anticipés qui représente la seule information pertinente pour eux. Le coût anticipé est construit à chaque rencontre : si le sédentaire a accepté un accord, le coût anticipé vaut le coût réel ; si l'accord est refusé, le coût anticipé est augmenté (d'une valeur constante).

11.1 Déroulement d'une simulation de base

11.1.1 Nombre de bêtes et disponibilité

Pendant la durée de hasard, les troupeaux des transhumants évoluent comme précédemment : ils augmentent tous de façon à peu près équivalente. La disponibilité totale chute légèrement, et elle varie beaucoup entre les sédentaires. A partir du moment où les transhumants changent de façon de choisir les échanges, le nombre de bêtes chute brutalement (fig. 11-1). Pendant environ 40 pas, tous les troupeaux voient leurs bêtes disparaître, puis ce nombre remonte progressivement. Tous les transhumants ne sont pas touchés de façon équivalente car l'écart entre les troupeaux peut monter jusqu'à 60, alors que la moyenne des bêtes par troupeau est

FIG. 11-1: Disponibilité de la terre (en nombre de bêtes supportables au total) et nombre de bêtes présentes effectivement, sur 800 pas de temps : le nombre de bêtes reste toujours faible comparé à la terre disponible au départ.

elle-même de 60. Il arrive alors que des troupeaux disparaissent durant cette période.

La disponibilité totale chute énormément, et de façon variable selon les sédentaires en fonction des demandes reçues pendant cette période. La disponibilité de ceux qui sont ignorés chute beaucoup et atteint en général le minimum possible qui est de 27 (ce qui mettrait la disponibilité minimum du système à 1700 environ), alors que celle des sédentaires qui reçoivent des demandes reste stable. Le nombre de bêtes remonte en environ 100 pas de simulation et se stabilise vers 2700. Par la suite, elle augmente encore, mais de façon très faible (fig. 11-1). L'écart entre les tailles de troupeaux diminue après la période de transition pour stagner à une moyenne de 30. La disponibilité remonte en une cinquantaine de pas de simulation, en ayant toujours une valeur irrégulière et légèrement supérieure au nombre de bêtes réel.

11.1.2 Rencontres

A partir du 50ième pas de simulation et pendant une vingtaine de tours, les rencontres entre les transhumants et les sédentaires pour des demandes d'accès ne sont plus réparties d'une façon

FIG. 11-2: Le nombre de bêtes reçues et la disponibilité d'un sédentaires : certains sédentaires ne reçoivent ainsi plus aucune demande, à partir du moment où les transhumants font leur demande au moins cher.

homogène. Cinq villages sont totalement abandonnés par les transhumants, car ceux-ci vont tous demander des accès dans les trois villages où le coût global est le moins cher. Il faut plus de cent pas de simulation pour que la plupart des villages reçoivent autant de transhumants que précédemment. Selon les simulations, il arrive même que certains villages n'accueillent plus un seul transhumant jusqu'à la fin de la simulation.

Tous les sédentaires présents dans les villages abandonnés ne reçoivent donc aucune demande, tandis que d'autres sont sans cesse sollicités. De plus, même si les transhumants fréquentent encore un village, tous les sédentaires de ce village ne reçoivent pas forcément de demande dans l'immédiat (fig. 11-2). A l'inverse, certains sédentaires reçoivent des demandes d'accès de la part des 30 transhumants pendant presque dix tours. Ensuite, les transhumants vont pendant quelques pas de simulation voir les sédentaires du même village, et au bout d'une période un peu plus longue, commencent à retourner dans les autres villages. Les sédentaires sollicités sont en nombre plus restreint dès que les agents choisissent au moins cher, et ils reçoivent donc un très grand nombre de demandes. Comme ils n'ont qu'un nombre limité d'accès,

FIG. 11-3: Nombre de refus reçus par l'ensemble des transhumants sur 250 pas de temps : il y a une augmentation très importante au moment où les transhumants choisissent avec une priorité aux coûts.

ils doivent refuser tous les transhumants qui viennent faire une demande à partir de la 4ième position. On constate ainsi une très forte hausse du nombre de refus dans la période qui suit le changement de logique des transhumants (fig. 11-3). Elle touche tous les transhumants pendant quelques tours. Au bout de 20 pas de simulation, le nombre commence à diminuer pour se stabiliser. Il descend lentement, mais sans jamais atteindre sa valeur antérieure.

Les transhumants vont ensuite en grand nombre demander des accès aux autres sédentaires du même village, qui doivent en conséquence eux aussi opposer de nombreux refus. Si les transhumants restent dans le même village, c'est que celui-ci est toujours moins cher globalement pour eux. Après quelques tours, le nombre de refus reçu a été très important : finalement, les transhumants ont une représentation de la plupart des sédentaires du village qui les désignent comme suffisamment chers pour qu'ils ne retournent plus dans ce village. Ils demandent alors accès dans ceux où ils n'étaient pas retournés depuis le changement de logique (fig. 11-4). Enfin, on observe une stabilisation du nombre de refus qui est équivalent dans l'ensemble des villages (sauf dans certaines simulations, pour certaines valeurs de paramètres, où les agents ne

FIG. 11-4: Nombre de bêtes reçues par un sédentaire peu cher dans un village cher. Il n'en reçoit aucune pendant environ 30 pas de temps après le changement de logique, puis est par la suite sans cesse sollicité, quand les transhumants demandent de nouveau accès dans son village.

reviennent plus jamais dans l'un des villages).

On observe une grande inégalité dans le nombre de rencontres pendant la période qui suit le changement de logique pour les transhumants. Pendant les 25 premiers pas de simulation, certains vont demander des accès à 35 sédentaires différents, tandis que d'autre en visitent un peu moins de 20. Ceux qui font le plus de visites sont ceux qui reçoivent le plus de refus. Au final, ceux qui ont le moins changé de sédentaire restent à occuper les villages les moins chers tandis que les autres prennent leurs habitudes ailleurs. Au bout de ces 25 pas de simulation, qui représentent une véritable « période de transition », à peu près tous les transhumants ont des relations régulières avec des sédentaires. Par la suite, ils rencontreront en moyenne 8 sédentaires différents sur l'ensemble de la simulation, c'est-à-dire qu'ils ne varieront que très peu leurs rencontres.

On observe durant ces tours un lien direct entre le grand nombre de demandes dans un village et le coût d'accès à l'eau de leurs chefs (fig. 11-5). Par contre, il n'y a pas de corrélation entre le coût d'accès des sédentaires et le nombre de demandes qu'ils reçoivent pendant cette

FIG. 11-5: Le nombre de troupeaux reçus dans les villages pendant 90 pas de temps, incluant le moment du changement de logique. A ce moment : 3 villages reçoivent toutes les demandes pendant que les autres sont abandonnés. Au bout de 12 pas de temps, la répartition des demandes devient plus homogène, et certains chefs abandonnés deviennent plus sollicités. Ici, un des villages ne reçoit plus un seul transhumant jusqu'à la fin de la simulation.

FIG. 11-6: Schéma des relations d'un transhumant pendant 400 pas de temps pour une simulation à priorité aux coûts. Chaque point marqué signifie qu'à la date en abscisse, le transhumant a rencontré le sédentaire dont le nom a la valeur de l'ordonnée. Il y a une très grande stabilité dans certaines relations, et certains villages peuvent être totalement abandonnés (comme on le voit sur les 100 derniers pas de temps).

période, puisque les sédentaires des villages les moins chers reçoivent des demandes même si leur coût est élevé .

La fin de la phase où les refus sont nombreux correspond au début de la régularité dans les relations (fig. 11-6). On peut même parler d'une réelle stabilité, puisque les transhumants vont toujours demander l'accès aux mêmes sédentaires, situés dans les mêmes villages. Cette stabilité est importante : il est rare qu'un transhumant arrête d'aller voir un sédentaire alors qu'il va régulièrement chez lui. Par contre, une fois que la rencontre n'a pas eu lieu à un pas de simulation, il ne retourne pratiquement jamais le voir. Il en est de même pour les villages : quand un transhumant change de village à un pas de simulation, il ne retourne jamais dans celui qu'il fréquentait de façon constante jusqu'alors.

Ce qui fait que la stabilité est interrompue n'est pas le nombre de refus total, mais le fait

qu'il y ait suffisamment de refus d'affilée. On constate même parfois une alternance de refus et d'accords pendant plus de 300 pas de simulation entre un sédentaire et un transhumant, avec un plus grand nombre de refus que d'accords. Ceci s'explique par la forme de l'apprentissage des transhumants.

11.1.3 Apprentissage

L'erreur de chacun des transhumants augmente énormément au moment du changement de processus de choix : les refus très nombreux expliquent cet « apprentissage » qui se traduit par une erreur. Par la suite, celle-ci ne diminue jamais, mais peut éventuellement augmenter légèrement avec le temps. A partir du 100ième pas de simulation, chaque transhumant connaît le vrai coût de 42 sédentaires (sur 64) en moyenne (avec une très légère diminution au cours du temps).

Par contre, les propositions d'accords qui sont exprimées par les transhumants subissent d'autres variations. Au départ, elles sont aussi très surestimées mais redeviennent très proches du coût réel, au bout de 50 pas de simulation.

Ces résultats sont significatifs de la régularité qui se met en place lentement dans le système.

Au bout de 50 tours, les transhumants ont une vision des sédentaires qui est assez juste. Ainsi, quand ils commencent à choisir les sédentaires les moins chers, ils se retrouvent tous à demander un accès aux mêmes agents. A partir de ce moment, la plupart d'entre eux reçoit un grand nombre de refus sur plus de dix pas de simulation, ce qui modifie les coûts anticipés des sédentaires rencontrés. Cela modifie également l'image qu'ils se font du village. Au bout de quelques pas de simulation, la surestimation des coûts réels du village est telle qu'il n'est plus considéré comme le moins cher, et les transhumants n'y retournent pas.

Quand un agent ne reçoit que des refus épisodiques d'un sédentaire, l'image qu'il en a est proche de la réalité. En effet, dès qu'un accord est accepté, le transhumant a une image du sédentaire qui est forcément juste ; et dès qu'il a un bon accès à l'eau, il sait ce qu'il faut réellement payer à un chef. Pour que le coût anticipé par un transhumant soit beaucoup plus élevé que le coût réel, il faut donc que le transhumant reçoive un grand nombre de refus d'affilée. Ainsi, selon les écarts de coûts entre les sédentaires il faut parfois que le sédentaire oppose plusieurs refus de suite pour que le transhumant ne le considère plus comme intéressant.

On peut comprendre aussi pourquoi l'erreur globale ne diminue jamais après la phase de transition, alors que les propositions d'accord sont justes en général. On a vu qu'en général un transhumant qui ne retourne une fois chez un sédentaire qu'il rencontre régulièrement, n'y retourne jamais plus. Or, une erreur dans le coût anticipé ne disparaît éventuellement que si le transhumant rencontre de nouveau le sédentaire qu'il a arrêté d'aller voir. Pour qu'il choisisse de nouveau un sédentaire, il faudrait que tous les autres sédentaires qui passent avant soient finalement considérés comme plus chers. Pour que l'erreur d'estimation augmente suffisamment, tous doivent faire suffisamment de refus d'affilée. Toute représentation fautive d'un sédentaire ou d'un village ne peut être corrigée que si d'autres erreurs d'estimation la compensent. Considérant la dynamique des rencontres, on comprend que l'erreur dans les coûts anticipés ne soit jamais réduite.

Par contre, si les transhumants ont des rencontres régulières avec des sédentaires, l'erreur n'est jamais forte puisque des accords sont acceptés. C'est pour cela que les demandes se font avec les coûts proposés bien adaptés tout au long de la simulation.

Après la période de transition où les refus sont très nombreux du fait de la concurrence, on entre ensuite dans la période normale de relations où la régularité est très forte, et où les transhumants changent alors très rarement de sédentaire et encore plus rarement de village.

On a constaté qu'il existe des relations où le sédentaire refuse presque à chaque tour l'accès à un transhumant, sans pour autant que celui-ci le quitte. Dans ces cas, pourtant le coût anticipé a la valeur du maximum possible, et le transhumant connaît forcément des sédentaires « moins chers » dans la population.

On rappelle que si un transhumant ne sollicite pas un sédentaire il peut avoir deux « raisons » :

- soit il ne se trouve pas dans son village durant le tour,
- soit il estime que celui-ci a un coût d'accès qui est supérieur à au moins deux autres sédentaires du même village.

Certains transhumants peuvent parfois mal connaître le coût des accès à l'eau et ainsi considérer qu'un village est globalement peu cher tout en ayant toujours des refus de la part des sédentaires qui l'occupent : il se les représente au plus haut prix mais reste néanmoins dans le même village et les sollicite sans cesse.

11.2 Quelques variations de données initiales

11.2.1 Variation du nombre de bêtes au départ

On constate ici que le nombre des bêtes au départ peut avoir une importance. En effet, dans les simulations où le coût est prioritaire pour le choix des agents, ceux-ci perdent beaucoup de bêtes au moment où ils changent de rationalité. Si trop peu de bêtes sont mises dans chaque troupeau au départ, il arrive que le troupeau d'un transhumant disparaisse totalement pendant la grande chute après les 50 pas de simulation. Une fois que le troupeau a disparu, il ne se reconstitue pas et comme le nombre de bêtes par troupeau ne dépasse jamais une certaine valeur, le nombre total reste nécessairement plus bas que si le troupeau était encore là. En dehors de ce cas extrême, il n'y a pas de différence visible sur le long terme en fonction de la taille des troupeaux au début. Les relations ont la même forme quelque soit le nombre de bêtes dans l'univers au départ.

11.2.2 Variation de la taille des terres

Quand on fait varier la taille de la terre de chaque sédentaire, cela a une influence sur le nombre de bêtes à la fin (fig. 11-7). Par contre, les relations se déroulent de la même façon pour toutes les tailles de terre envisagées. Là encore, si les troupeaux sont trop petits, et donc si la taille des terres est trop faible, certains troupeaux peuvent disparaître.

On constate que les inégalités de taille sont plus importantes quand la taille de la terre est plus grande (fig. 11-8). En fait, il y a une corrélation immédiate entre la taille des troupeaux et l'écart qui existe entre eux : plus il y a de bêtes en tout dans l'univers, et plus il y a d'inégalités entre les transhumants.

11.2.3 Remise à niveau de la ressource

On a vu que le moment où les transhumants changent de logique est suivi par une période de transition pendant laquelle une grande régularité apparaît dans les rencontres. Pendant cette période, les terres sont largement dégradée, du fait de la mauvaise répartition des agents entre les villages : le double phénomène, de concurrence et d'abandon, qui fait que la ressource est abîmée pour un grand nombre de sédentaires et que les bêtes disparaissent.

FIG. 11-7: Nombre total de bête et disponibilité globale en fonction de la taille des terres fixée au départ (moyenne sur 25 simulations de 400 pas de temps). Il y a une corrélation nette avec la taille des terres pour les deux valeurs.

FIG. 11-8: Ecart maximal moyen entre les troupeaux (pour 25 simulations) en fonction de la taille des terres. Il y a corrélation positive.

FIG. 11-9: Nombre de bêtes au total et disponibilité globale sur 400 pas de temps dans une simulation où la ressource est remise à niveau au bout de 150 pas de temps : même s'il existe un meilleur usage de la ressource pendant quelques pas de temps, il n'y a pas de transformation de la dynamique sur le long terme.

Jusque là, l'étude des simulations s'est faite dans la continuité, alors que la ressource était déjà dégradée. Or, on peut supposer que la chute de niveau de la ressource qui a lieu au moment du changement de rationalité, est un événement qui conditionne la suite de la simulation. Ainsi il est envisageable que le manque de ressource ne puisse pas être rééquilibré par le système, et soit en même temps un élément significatif pour la conservation de la dynamique : il pourrait influencer à la fois le nombre de bêtes et la dynamique des relations (cette seconde hypothèse étant moins probable, au vu du fonctionnement du système et du type d'informations que les agents utilisent).

Or il est souhaitable de chercher dans ces simulations l'influence de la représentation choisie sur la dynamique, plutôt que les conséquences d'une période de transition. Pour s'abstraire de l'histoire, il semble alors intéressant de voir l'effet d'une remise à niveau de la ressource, alors que les agents ont déjà pris leurs habitudes de relations.

Pour observer ces données, la ressource est remise à son niveau initial au bout de 150 pas de simulation. Au moment où la ressource augmente, le nombre de bêtes augmente lui aussi légèrement. Vingt pas de simulation plus tard, la situation est exactement la même qu'avant que la ressource ait été restaurée, et la simulation est par la suite comparable (fig. 11-9). On constate en outre que les relations entretenues par les transhumants ne varient absolument pas au moment où la ressource revient, et que les fidélités sont les mêmes. Ceci indique que les régularités créées correspondent à un équilibre dans les relations, qui n'est pas modifié même si le nombre d'accès des sédentaires augmente. Ceci semble logique : si un sédentaire était contacté régulièrement par un transhumant, c'est que celui-ci le pensait moins cher que les autres ; s'il a plus d'accès, il acceptera plus souvent les accords du transhumant, qui connaîtra son coût d'accès réel, forcément inférieur à toutes les autres évaluations qu'il a pu faire de lui ; et par conséquent ce sédentaire restera toujours moins cher que les autres. En ne poussant pas l'agent à aller voir d'autres sédentaires pour transformer son point de vue sur eux, l'augmentation du nombre d'accès et de la quantité de fourrage ne fait que confirmer le classement des transhumants.

On déduit également de ce résultat que le nombre de bêtes, quand les agents choisissent à la priorité coût, n'est pas liée à l'histoire de la ressource, mais découle intégralement de la dynamique du système, et des types de choix des agents. En particulier l'usage de la ressource, que l'on peut considérer comme peu efficace au niveau global, est réellement lié au type de choix

FIG. 11-10: L'erreur des transhumants sur 250 pas de temps (moyenne sur 25 simulations) en fonction de la valeur de la constante d'apprentissage : on constate son impact important sur les représentations.

des agents, pas à une histoire. En associant au résultat précédent, on voit que c'est la taille totale des terres qui est déterminante pour définir le nombre de bêtes dans l'univers.

11.2.4 Accès à l'eau

Le nombre de bons accès à l'eau n'a pas d'influence sur les résultats des simulations au moins cher dans le long terme. C'est simplement dans les premiers tours où les transhumants choisissent avec la priorité aux coûts qu'une différence apparaît. Pour des valeurs trop faibles du nombre d'accès, il y a manque d'eau. Pour des valeurs trop importantes, les transhumants recevant peu de refus, ils mettent longtemps avant de se créer leurs propres préférences et cesser d'être en concurrence avec les autres.

11.2.5 Constante d'apprentissage

La constante d'apprentissage a une grande influence sur les représentations que les transhumants ont des sédentaires et des villages et donc sur les choix des agents. En le faisant varier de

FIG. 11-11: Nombre de bêtes total dans l'univers sur 250 pas de temps en fonction de la constante : on constate que sur le long terme, la valeur de la constante d'apprentissage n'a pas d'influence globale.

FIG. 11-12: Valeur de la disponibilité totale en fonction de la constante d'apprentissage sur 250 pas de temps : peu de différences.

FIG. 11-13: Ecart maximal entre les tailles de troupeaux au bout de 400 pas de temps (moyenne sur 25 simulations) en fonction de la constante d'apprentissage : l'inégalité augmente avec la constante.

0,1 à 2, on constate que ce paramètre a une influence très grande sur l'erreur que les agents font dans leur appréciation des sédentaires (fig. 11-10). En revanche ceci n'a que peu d'influence à long terme sur le nombre de bêtes total, ni sur la disponibilité de la terre : la valeur d'équilibre est plus vite atteinte quand la constante d'apprentissage augmente (fig. 11-11, fig. 11-12). Par contre, une différence importante apparaît entre les transhumants eux-mêmes : l'écart entre les troupeaux devient plus important (fig. 11-13). Il est possible d'interpréter ce phénomène par le fait que les transhumants construisent des images des sédentaires qui sont moins « fines » que quand la variable est faible : comme la valeur maximale de coût est la même, quand la constante est élevée il existe moins de coûts envisageables pour un agent : pour chaque transhumant, beaucoup de sédentaires seront vite considérés comme ayant le coût maximum et seront évités. Plus le nombre de sédentaires considérés comme ayant le coût maximum est élevé, et moins le transhumant possède une vision qui est différente de celle des autres. Certains auront beaucoup de sédentaires en commun avec les autres dans leur représentation et en pâtiront beaucoup ; d'autres auront plus de chance dans la distribution des représentations et éviteront ainsi la concurrence.

11.2.6 Durée d'apprentissage

A partir du moment où ils font leurs demandes avec priorité aux coûts (et il en sera de même avec priorité aux liens), les transhumants ne rencontrent plus de nouveau sédentaire, et ne vont que dans des villages qu'ils connaissent déjà. Le nombre de tours de hasard au départ influence donc le nombre de sédentaires que les transhumants pourront rencontrer durant toute la simulation. Cela a également une influence sur l'erreur ou la bonne appréciation qu'ils ont des sédentaires.

Le temps de découverte dans les simulations a une légère influence : on identifie deux cas. Si la durée est strictement inférieure à 20 pas de simulation, la production du système est meilleure (fig. 11-14). Ensuite, pour toutes les valeurs supérieures, la production finale est à peu près la même. Pourtant, comme dans la période de hasard, la production est très importante, le nombre de bêtes est plus élevé au moment où la logique des agents change.

Ceci s'explique par le fait que la durée de hasard permet aux transhumants de connaître le prix réel de plus de sédentaires. Cette bonne connaissance implique que tous considéreront

FIG. 11-14: Nombre de bêtes dans l'univers au bout de 400 pas de temps (moyenne sur 50 simulations) : la durée de la découverte au hasard n'est pas un facteur différenciant quand il dépasse 10 pas de simulation.

les mêmes sédentaires comme peu chers et iront donc tous sur les mêmes terres au moment du changement de logique. Plus les agents s'accordent à cet instant-là et plus la destruction de la ressource et la perte des bêtes est importante. Ainsi, quand les agents ont des représentations par les coûts, c'est en ayant les représentations les plus fausses qu'ils obtiennent la meilleure production.

Les deux derniers résultats montrent l'importance de la finesse dans l'apprentissage et la différenciation qui se crée à cette occasion entre les représentations des différents transhumants. Ainsi, une haute constante d'apprentissage permet une évolution des représentations assez peu fine : les agents ont des représentations qui se stabilisent très vite au maximum et ne peuvent plus évoluer par la suite. Cela crée un problème immédiat dans la mesure où cela supprime leur possibilité de varier et donc de fuir des villages, où le contact avec des sédentaires, qui reçoivent beaucoup de demandes.

Si les transhumants ont eu le temps de connaître chacun peu de sédentaires, il y a des chances pour qu'ils ne connaissent pas les mêmes, et ne se fassent pas de concurrence dans les

FIG. 11-15: Le nombre de bêtes de chacune des moitiés de la population quand il est hétérogène au départ. Dès le 50ième pas de temps, le nombre moyen de bêtes est équivalent.

demandes d'accès : une bonne connaissance commune est néfaste au système.

11.3 Des données hétérogènes pour les agents

11.3.1 Nombre de bêtes au départ hétérogène

Dans ces simulations on sépare en deux groupes les agents : la première moitié de la population démarre avec 50 bêtes tandis que la seconde moitié en a 150. Dans la période de hasard, les agents avec de petits troupeaux gagnent des bêtes tandis que ceux à grand troupeaux en perdent légèrement. Dès le moment où les agents choisissent leur accès au moins cher, le nombre de bêtes chute pour tous les transhumants et les deux populations se retrouvent à un niveau équivalent très rapidement (fig. 11-15).

Il arrive même que paradoxalement la tendance s'inverse pour quelques temps et que les agents qui étaient parti avec des grands troupeaux aient moins de bêtes que les autres. En parallèle , ils ont une image des coûts qui est un peu plus fausse, car ils ont reçu plus de refus.

Ce résultat n'est pas stable et on arrive à une équivalence en nombre de bêtes entre les deux populations.

11.3.2 Des accès hétérogènes

Dans les simulations où la taille des terres n'est pas la même pour tous les sédentaires (la moitié peut accueillir 50 bêtes par troupeau et l'autre moitié 150), la terre est moins dégradée et il y a un plus grand nombre de bêtes que si tous les sédentaires peuvent accueillir 100 bêtes, comme le montre le tableau suivant. Ceci peut être interprété comme le fait que les ressources sont mieux exploitées. On constate en outre que les troupeaux sont plus disparates en taille.

Répartition des terres	Terre totale disponible à la fin	Nombre de bêtes total	Ecart maximal moyen entre les troupeaux
Deux groupes de sédentaires : soit peuvent accepter 150 bêtes, soit 50	3538	2429	85
Tous les sédentaires peuvent accepter 100 bêtes	2940	2300	60

Le fait que l'écart entre les agents soit si important permet de voir que certains des transhumants sont désavantagés par le fait qu'il n'y ait pas une répartition homogène des ressources. Comme tous établissent des régularités avec des sédentaires, on peut interpréter ces différences par le fait que certains vont principalement chez des sédentaires dont les terres sont grandes (et dans ce cas, leurs troupeaux peuvent grandir en conséquence), tandis que d'autres vont en majorité chez des sédentaires dont la terre n'est pas très grande (et leurs troupeaux restent petits).

Si les bons accès à l'eau sont en nombres différents dans les villages, cela n'a qu'une très légère influence sur les résultats : pour des troupeaux de 75 bêtes en moyenne, si les villages ont des nombre d'accès hétérogènes, l'écart entre eux passe de 53 à 56 alors que la taille des troupeaux diminue en moyenne de 3. Les résultats concernant le nombre d'accès à l'eau, qui

correspondent à une moyenne sur 50 simulations, ne sont pas réellement significatifs d'une différence, car il existe des écarts de même ordre entre des séries de simulations définies par des paramètres identiques.

11.3.3 Hétérogénéité des coûts

Le modèle repose sur le présupposé que les transhumants ont à payer des sommes qui sont différentes pour chaque sédentaire. Les transhumants apprennent assez lentement à ne pas retourner chez certains sédentaires et encore plus lentement à changer de village (fig. 11-17, fig. 11-16). Ce changement de vision est très important pour que les transhumants arrêtent d'avoir des comportements de concurrence. Au vu du fonctionnement de l'apprentissage¹, il semble possible que la fixation du coût réel maximum, et donc de l'écart entre les coûts réels des sédentaires, ait une influence sur le système. Pour tester ceci, les écarts de coûts ont été utilisés comme paramètres des simulations.

En fonction des écarts de coûts, les transhumants sont capables de comparer les différents villages et sédentaires à des vitesses qui peuvent varier grandement. D'importants écarts de coût d'accès à l'eau provoque une réduction du nombre de villages visités et du nombre de sédentaires rencontrés après le 100ième pas de simulation (fig. 11-16, fig. 11-17). Il en est de même pour les écarts de coûts d'accès à la terre entre les sédentaires, qui influe sur les rencontres et les résultats (fig. 11-18). Ainsi dans tous les cas, certaines valeurs peuvent être vues comme optimales, c'est-à-dire que la survie des bêtes y est alors la meilleure.

Le résultat le plus marquant qui ressort des simulations est une corrélation très forte entre la survie et les rencontres possibles pour les agents (fig. 11-19). Or il se trouve que la multiplicité des rencontres est facilitée par un petit écart entre les sédentaires et entre les villages. La forme de la régularité qui se met en place grâce aux refus dépend tout à la fois des écarts de coûts entre les sédentaires et les écarts de coûts entre les chefs.

FIG. 11-16: Le nombre de bêtes total au bout de 400 pas de temps (moyenne sur 50 simulations) en fonction des écarts de coûts entre les villages pour l'accès à l'eau indique que des écarts trop importants sont dommageables pour le système.

FIG. 11-17: Nombre de sédentaires différents rencontrés à partir du 50ième pas de temps : les écarts de coûts à l'eau importants rendent plus rare la mobilité des transhumants.

FIG. 11-18: Nombre de bêtes après 400 pas de temps (moyennes sur 25 simulations) en fonction des écarts de coûts entre les sédentaires : ceux-ci influencent la production.

FIG. 11-19: Relation nette entre le nombre de sédentaires rencontrés après le 100ième pas de temps, et le nombre de bêtes à la fin : la mobilité rend meilleure la survie.

FIG. 11-20: Erreur globale des transhumants au bout de 400 pas de temps (moyenne sur 50 simulations) en fonction de leur ordre d'arrivée auprès des sédentaires : les représentations sont plus fausses pour les derniers arrivés.

FIG. 11-21: Le nombre de bêtes de chaque transhumant au bout de 400 pas de temps (moyenne sur 50 simulations), en fonction de son ordre d'arrivée : il n'y a pas de différence détectable.

11.3.4 Influence de l'ordre d'arrivée

Si on fige l'ordre d'arrivée des transhumants pour toute la simulation, la différence de taille de troupeau au bout de 250 pas de simulation n'est pas visible (fig. 11-21). En même temps, on peut voir que les derniers arrivés ont reçu sensiblement plus de refus qui leur ont fait choisir de ne pas retourner voir certains sédentaires, puisque leurs représentations sont plus fausses (fig. 11-20).

Au moment du changement de logique des transhumants on constate que moins de sédentaires sont abandonnés, et que le nombre global de bêtes subit une chute qui est moins importante. Sur 25 simulations, les troupeaux des 3 premiers transhumants comptent 83 bêtes en moyenne, et ceux des trois derniers 81, ce qui est une différence qui n'est pas du tout significative. Le fait de choisir en fonction des coûts permet aux derniers agents de compenser leur « handicap » en ne choisissant pas les mêmes sédentaires que les autres.

On peut expliquer ceci par la façon dont fonctionne l'apprentissage. Les transhumants qui arrivent en dernier, ont reçu plus de refus pendant les cinquante premiers pas de simulation, et ont donc beaucoup de chance d'avoir une vision des sédentaires qui est très différente de celle des premiers arrivés. Au moment où ils changent de logique, leur préférence se porte sur d'autres sédentaires. C'est ce qui explique que la concurrence soit moins forte, et ceci reste vrai tout au long de la simulation.

11.4 Perturbations

Pendant la période où les sédentaires refusent de façon systématique les accès aux transhumants, l'erreur d'évaluation augmente, et le nombre de bêtes diminue (fig. 11-22). En général, la diminution du nombre de bêtes fait que quelques troupeaux disparaissent (de trois à six pour quatre villages perturbés). Il s'agit des troupeaux des transhumants qui vont de façon régulière dans au moins deux villages perturbés. Mémoriser les refus ne suffit pas toujours à changer l'ordre de préférence dans lequel un transhumant s'adresse aux sédentaires. Il arrive ainsi qu'un

¹Pour un refus, le coût anticipé est augmenté de 0,2 jusqu'à atteindre la valeur maximale. Il est remis à la valeur réelle du coût pour un accord accepté.

FIG. 11-22: Nombre de bêtes total sur 400 pas de temps dans trois simulations typiques, en fonction du nombre de villages perturbés : il y a des conséquences à long terme uniquement si des troupeaux disparaissent.

transhumant reste toute la durée des perturbations en allant demander aux mêmes sédentaires qui lui refusent pendant les 50 pas de simulation. Quand les transhumants peuvent avoir des images individuelles bien distinctes de celles des autres², il est possible pour les transhumants qui reçoivent trop de refus systématiques de changer de sédentaires, voire de villages, au bout de quelques pas de simulation. Inversement, il arrive que certains continuent à faire des demandes aux mêmes sédentaires malgré les refus (fig. 11-24).

Quand la perturbation est finie, on voit un changement (qui peut être plus ou moins important) dans la répartition des demandes et la régularité des rencontres. Il y a en général beaucoup d'abandons de sédentaires à qui plus aucune demande ne sera faite par la suite (fig. 11-23). A la suite de cette perturbation, la régularité des rencontres a diminué, puisque des transhumants ont abandonné certaines de leurs habitudes (fig. 11-25).

²En particulier, si la constante d'apprentissage est suffisamment élevée et que les écarts sont assez grands entre les coûts réels.

FIG. 11-23: Accords conclus par un transhumant pendant 400 pas de temps, tandis que la perturbation a lieu du 100 ième au 150 ième pas de temps. Le transhumant change certaines de ses relations et en conserve d'autres.

11.5 Conclusion

Dans les simulations où les agents choisissent avec priorité aux coûts, la ressource est plutôt mal utilisée : les terres sont très vite dégradées, et peu de bêtes survivent dessus. Cette situation n'est pas liée à l'histoire d'une simulation, mais plutôt à la structure même du mode de rencontre des transhumants. Une concurrence régulière apparaît systématiquement entre les transhumants, du fait des régularités qu'ils entretiennent dans leurs demandes d'accords : tous sont intéressés par les mêmes sédentaires, car ils les considèrent les moins chers, et seuls les premiers arrivés ont droit à de la ressource. Un transhumant verra son troupeau survivre dans la mesure où ses représentations lui permettent de ne pas entrer en contact avec les mêmes sédentaires que les autres. Ceci explique qu'il existe des itinéraires individuels très différents et de grands écarts de taille de troupeaux.

Le choix qui a été fait de faire fuir les sédentaires considérés comme les plus chers, en utilisant une représentation par les coûts, se révèle très efficace pour faire apparaître des régularités dans les relations des agents. Ici, il est possible de considérer que les transhumants sont parfaitement

FIG. 11-24: Refus reçus par un transhumant pour une simulation de 400 pas de temps où les perturbations ont lieu du 100ième au 150ième pas de temps. Ainsi, dans les simulations à priorité aux coûts, il arrive qu'un transhumant ne change pas ses demandes malgré un nombre répété de refus.

FIG. 11-25: Nombre moyen de rencontres régulières pour l'ensemble des transhumants dans une simulation de 400 pas de temps où la perturbation est du 100ième au 150ième pas de temps.

réguliers puisqu'ils vont toujours voir les six mêmes agents à chaque pas de simulation. Cette forme de liens réguliers est totalement stable puisque même quand des perturbations ont lieu et que les transhumants changent d'habitude, c'est toujours le même nombre de liens qu'ils entretiennent.

En général, ce qui pénalise un transhumant est d'aller demander des accès dans un village où de nombreux autres transhumants se trouvent. Il est en effet plus difficile pour un agent de changer de choix en terme de village que pour les sédentaires rencontrés.

Les agents ne peuvent pas percevoir la dégradation de la ressource de façon directe, mais seulement à travers les refus qui leur sont opposés. Ce n'est que parce qu'ils ont une vision fautive des coûts que leur répartition entre les villages devient plus homogène. C'est pourquoi ces simulations sont très sensibles aux écarts de coûts entre les sédentaires et les villages, à la constante d'apprentissage et à la durée de hasard : plus les représentations sont diverses, mieux chacun peut survivre.

Il est intéressant de constater que ce qui, dans les simulations au hasard, créait une concurrence (la fixation de l'ordre d'arrivée) permet au contraire de la réduire ici. Si l'ordre d'arrivée est figé, les derniers arrivants, recevant plus de refus se font vite une idée fautive des coûts des sédentaires. Or, dans ce système, avoir des représentations fautes se révèle un avantage pour un transhumant, dans la mesure où ces représentations sont différentes de celles des autres agents. Plus l'agent perçoit que les autres sont présents à travers les refus des sédentaires, meilleure est sa survie par la suite.

Chapitre 12

Simulations à priorité aux liens

Dans les simulations à priorité aux liens, après 50 tours de hasard, les transhumants font leur demandes en choisissant les sédentaires pour lesquels ils estiment que la relation est la meilleure. La valeur d'une relation est définie comme la différence du nombre d'accords acceptés et du nombre d'accords refusés.

12.1 Simulations de base

12.1.1 Nombre de bêtes et disponibilité

On débute la simulation par une période de hasard, où les troupeaux augmentent ou diminuent si trop de bêtes sont présentes pour la taille de terre disponible. Si le nombre de bêtes augmente, au moment où les transhumants commencent à choisir avec une priorité à la fidélité, le nombre de bêtes continue à augmenter avec une vitesse légèrement inférieure (fig. 12-1). Il atteint finalement un maximum, et reste toujours un peu en deçà du niveau maximum potentiel (atteint dans les simulations au hasard). La disponibilité chute, puis reste stable. Il n'y a que peu de variations jusqu'à la fin de la simulation. L'écart de taille entre les troupeaux est assez important pendant tout la simulation, puisqu'il atteint 60 pour une moyenne de taille des troupeaux qui vaut environ 120, et qu'il est en perpétuel progression (fig. 12-2).

FIG. 12-1: Disponibilité et nombre de bêtes total sur 400 pas de temps pour une simulation à priorité aux liens : la disponibilité en ressource diminue, limitant le nombre de bêtes total qui augmente légèrement sur de longues périodes.

FIG. 12-2: Moyenne sur 10 simulations des écarts entre plus gros et plus petits troupeaux qui durent 400 pas de temps : la tendance est à l'augmentation.

FIG. 12-3: Relations d'un transhumant dans une simulation à priorité aux liens sur 400 pas de temps : elles sont très stables mais réparties entre un grand nombre de sédentaires, dans au minimum 7 des 8 villages.

12.1.2 Rencontres

Tout de suite après que la logique des agents a changé, une régularité se met en place dans les relations. Les transhumants retournent faire des accords avec environ deux sédentaires par village. Ils alternent les demandes dans tous les villages, en ne faisant que rarement plus de 10 demandes de suite dans le même. Seulement cinq transhumants sollicitent plus de 16 sédentaires sur les 100 derniers tours : comme dans les simulations à priorité aux coûts, les choix faits sont définitifs, et le groupe de sédentaires potentiellement rencontrés ne varie plus à partir du 50ième pas de simulation (fig. 12-3).

A partir du moment où la logique change, le nombre de sédentaires ignorés chute (fig. 12-4). Il n'y a plus que de très rares tours où plus de deux sédentaires ne reçoivent aucune demande, et aucun des sédentaires n'est ignoré pendant deux tours d'affilée. Le nombre de transhumants par village est très régulier dès le début et varie à chaque tour, entre 10 et 15, avec une moyenne sur la simulation qui vaut environ 11.

FIG. 12-4: Nombre de sédentaires qui ne reçoivent aucune demande à chaque pas de temps sur 250 : il chute quand les transhumants choisissent avec une priorité aux liens.

FIG. 12-5: Refus reçus par l'ensemble des transhumants au cours du temps (moyenne sur 10 simulations) sur 250 pas de temps : on constate une chute importante au moment où les transhumants choisissent avec priorité aux liens.

En parallèle de cette régularité, le nombre de refus diminue de façon significative (fig. 12-5). Il passe d'une moyenne de 42 à 25, avec un nombre qui varie globalement beaucoup à chaque tour, passant de 15 à 40 en permanence. Les transhumants reçoivent à peu près le même nombre de refus à chaque tour, en moyenne 175 pour 200 pas de simulation.

12.1.3 Apprentissage

L'erreur de chacun des transhumants augmente au moment du changement de processus de choix. Comme dans les simulations où le choix se fait vers le moins cher, les transhumants ont une vision des sédentaires qui est souvent fautive. Par contre, contrairement à ce qui est observable dans les simulations à priorité aux coûts, l'erreur peut ici prendre la forme d'une sous-estimation.

Pour qu'un transhumant ait une vision sous-estimée d'un sédentaire, il faut que celui-ci ne lui ait jamais indiqué son véritable coût d'accès, c'est-à-dire qu'il lui ait toujours refusé les accès. Or, dans cette simulation, les sédentaires qui n'ont jamais accepté d'accès ne sont plus sollicités dès le moment du changement de logique : on comprend qu'il y ait correspondance entre l'abandon et la sous-estimation.

Ici, l'élément de choix important pour le transhumant est la « qualité de relation » (comparaison entre le nombre d'accords acceptés et le nombre de refus d'un sédentaire donné) plutôt que le coût anticipé. Au moment du changement de logique, les écarts de qualité ne sont pas très importants : pour 60 sédentaires connus la différence maximale est de 16 entre celui qui a le plus accepté et celui qui a le plus refusé. Par la suite, cet écart se creuse : en 50 pas de simulation, il atteint un minimum de 54 et augmente plus lentement à partir de 150 pas de simulation aux alentours de 90. Dans cette période, deux groupes distincts se sont définis, l'un constitué de 15 à 20 agents avec qui la qualité de relation ne fait qu'augmenter, et une autre population pour laquelle elle stagne.

Si cet écart se stabilise, c'est parce que les transhumants ont des troupeaux si gros au bout d'un moment, qu'ils essuient un plus grand nombre de refus. Ceci correspond effectivement à la période où les troupeaux n'augmentent plus.

FIG. 12-6: Nombre de bêtes sur 400 pas de temps dans 4 simulations où le nombre de bêtes au départ est différents, pour une taille de terres données : il y en a toujours à peu près le même nombre à la fin.

12.2 Quelques variations de données initiales

12.2.1 Variation du nombre de bêtes au départ

On fait varier le nombre de bêtes mises dans l'univers lors de l'initialisation. Pour une taille des terres donnée, si les troupeaux au départ sont trop grands, ils diminuent en taille, sinon, ils augmentent : les résultats finaux sont équivalents au niveau global (fig. 12-6). Pendant la période où les transhumants commencent à choisir avec priorité aux liens, les écarts entre les troupeaux sont d'autant plus importants qu'ils sont grands. Le nombre de refus des sédentaires est très légèrement plus élevé au départ si les troupeaux ont une taille élevée mais ça n'a pas d'influence sur la forme des relations par la suite.

12.2.2 Variation de la taille des terres

Il y a une corrélation directe entre la taille des terres et le nombre de bêtes présentes à la fin sur la terre (fig. 12-7).

FIG. 12-7: Nombre de bêtes et disponibilité après 400 pas de simulation (moyenne sur 10 simulations) : elles sont clairement liées à la taille des terres.

12.2.3 Remise à niveau de la ressource

Si la ressource est remise à niveau au bout de 150 tours, pendant quelques pas de simulation les troupeaux grossissent. En vingt pas de simulation, la ressource est de nouveau dégradée, l'équilibre antérieur est atteint de nouveau, et on ne peut pas voir de différence entre une simulation avec ou sans cette remise à niveau. Il n'y a pas non plus de différence dans les relations, dont la régularité n'est pas perturbée. On en conclut, comme pour les autres simulations, que les résultats très réguliers obtenus sur le long terme pour la production sont bien liés aux dynamiques de choix et d'échanges et pas à l'histoire de la simulation.

12.2.4 Accès à l'eau

Le nombre d'accès à l'eau pour chaque village est une constante très importante des simulations à priorité aux liens. Dans ces simulations, il existe certaines valeurs qui sont optimales pour que la simulation se déroule le mieux possible, à la fois en terme d'usage des ressource et de nombre de bêtes. En l'occurrence, on obtient le résultat un peu paradoxal que le plus grand

FIG. 12-8: Un exemple typique de l'évolution du nombre de bêtes et de la disponibilité sur 400 pas de temps dans une simulation où la ressource est remise à niveau au bout de 150 pas de temps : ceci n'a pas d'influence sur la dynamique à long terme.

nombre d'accès n'est pas forcément le plus bénéfique. C'est quand le nombre d'accès vaut 4, que la situation semble optimale puisque la production et l'usage de la ressource sont les meilleurs (fig. 12-9).

Le nombre de bons accès à l'eau a une influence importante sur les résultats des simulations à priorité aux liens (fig. 12-9). Le fait qu'il y ait trop peu d'accès provoque (logiquement) des manques d'eau, et implique qu'il y a peu de bêtes.

Par contre, le nombre de bêtes est également peu important quand il y a un nombre important d'accès. Dans ce système, les transhumants vont tous régulièrement dans des villages différents parce qu'ils reçoivent chacun un nombre de refus différents selon les chefs, ce qui permet ainsi de structurer les choix d'une façon individuelle. Si un grand nombre de refus sont dispensés par certains villages, ou au contraire pas suffisamment, cela influence les représentations des transhumants. Trop d'accès à l'eau dans les villages fait que les agents pourront plus facilement entrer en concurrence quand ils souhaiteront aller de façon régulière dans celui-ci. La régulation par le nombre d'accès à l'eau a donc une certaine importance pour le système

FIG. 12-9: Nombre de bêtes au total et disponibilité de la ressource au bout de 400 pas de temps (moyenne sur 50 simulations) en fonction du nombre d'accès à l'eau par village. La ressource en terre est plus dégradée quand il y a plus d'accès à l'eau, alors qu'elle l'est moins quand il y en a très peu.

quand les agents recherchent les liens de meilleure qualité.

Observer ces simulations permet de retrouver les deux raisons pour lesquelles la production peut être mauvaise dans le système (et que l'on avait déjà observé dans les simulations à priorité aux coûts) :

- un manque de ressource, et dans ce cas il y a peu de bêtes mais la ressource est peu dégradée,
- une concurrence entre les troupeaux, et dans ce cas il y a peu de bêtes et la ressource est dégradée.

12.2.5 Constante d'apprentissage

Dans les simulations à priorité lien, les agents n'utilisent pas leur connaissance des coûts pour choisir les agents avec lesquels ils entrent en contact. Par contre, cette connaissance est importante pour les propositions de coûts qu'ils font : s'ils sous-estiment le prix, ils ont plus de chance de voir leur proposition refusée. On constate que la valeur de la constante d'apprentissage n'a pas d'importance pour ces simulations, car elle n'influe en fait pas tellement sur le nombre de refus reçus.

12.2.6 Durée d'apprentissage

Quand la priorité des agents est basée sur les liens, si la durée de hasard est supérieure à 20 pas de simulation, le nombre de bêtes et le nombre de relations régulières de chaque transhumant est équivalent pour toutes ces simulations (fig. 12-10). Par contre, si la durée est inférieure, on obtient des résultats globaux meilleurs : moins les agents connaissent de sédentaires et moins ils ont de chance d'être attirés par les mêmes, et cela permet d'éviter toute concurrence.

12.3 Des données hétérogènes pour les agents

12.3.1 Nombre de bêtes au départ hétérogène

Les simulations où les transhumants n'ont pas le même nombre de bêtes au départ se déroulent comme celles où tous les agents sont dotés de façon équivalente au départ. C'est au

FIG. 12-10: Nombre de bêtes sur 400 pas de temps en fonction du temps de hasard (la courbe la plus sombre représente une simulation intégralement au hasard) : pour une durée de hasard supérieure à 20 pas de temps, le déroulement des simulations est à peu près équivalent (et toujours une moins bonne production qu'au hasard).

FIG. 12-11: Nombre de bêtes quand les accès à la terre sont répartis de façon hétérogène ou homogène : à taille globale équivalente, l'homogénéité des terres permet que plus de bêtes survivent.

bout d'environ 150 pas de simulation que l'écart est comblé.

12.3.2 Des accès hétérogènes

Répartition des terres (moy. pour 50 simulations)	Terre totale disponible à la fin	Nombre de bêtes total	Ecart maximal moyen entre les troupeaux
Deux groupes de sédentaires : soit peuvent accepter 150 bêtes, soit 50	5300	3800	110
Tous les sédentaires peuvent accepter 100 bêtes	4860	4630	80

Il y a un peu moins de bêtes dans les simulations à priorité aux liens quand les terres ne sont pas réparties de façon équivalente (fig. 12-11) et cela implique une dégradation moins importante de la ressource.

Si la ressource en eau est répartie de façon inégale dans les villages, c'est-à-dire s'il y a soit 2, soit 10 bons accès dans chaque moitié de la population, il y a une réelle différence par rapport aux situations où il y a toujours 6 bons accès dans les villages. Le nombre de bêtes subit une chute très importante et ne remonte pas (fig. 12-12). En parallèle, la dégradation augmente beaucoup, ce qui indique une mauvaise répartition des troupeaux sur les terres (fig. 12-13). Le fait qu'il y ait moins de bons accès à l'eau occasionne plus de refus de la part de certains chefs et pousse les transhumants à se rendre dans d'autres villages, où ils sont alors trop nombreux par rapport au nombre d'accès à la terre.

FIG. 12-12: Nombre de bêtes pour deux simulations avec le même nombre total d'accès mais l'une ou les accès sont répartis de façon homogène et l'autre où ils sont répartis de façon hétérogène.

FIG. 12-13: Disponibilité en terre pour deux simulations typiques : une pour les cas où le nombre d'accès à l'eau est équivalent dans tous les villages et l'autre pour une répartition hétérogène. Dans ce dernier cas, la ressource est plus dégradée.

Répartition des bons accès à l'eau (taille des terres = 100)	Terre totale disponible à la fin	Nombre de bêtes total	Ecart maximal moyen entre les troupeaux
Deux types de villages : soit 2, soit 12 bons accès à l'eau	4200	3060	72
Dans tous les villages il y a 6 bons accès	4835	4600	85

C'est donc simplement quand les accès sont mal répartis qu'une concurrence systématique peut apparaître entre les transhumants et qu'ils dégradent la ressource. On constate que la dégradation de la terre est plus importante du fait d'une différence dans le nombre d'accès à l'eau, alors qu'une différence dans la quantité de terre disponible est bénéfique à la ressource. Ce résultat montre de nouveau qu'un équilibre se crée de façon optimale entre la taille des terres et la taille des troupeaux si aucun autre facteur de régulation n'intervient.

12.3.3 Influence de l'ordre d'arrivée

Nombre total de bêtes	Possessions des 3 premiers transhumants	Possessions des 3 derniers transhumants
4776	159	167

Dans les simulations à priorité fidélité, l'ordre d'arrivée des transhumants est très important s'il est figé, mais d'une façon inattendue. Sur 25 simulations, on constate qu'en moyenne, les troupeaux des transhumants du début contiennent 159 bêtes tandis que les derniers arrivés en possèdent 167. De fait, deux groupes distincts apparaissent dans ces simulations, à la fois pour le nombre de bêtes à la fin (fig. 12-14), et pour le nombre de sédentaires que les transhumants considèrent comme intéressant pendant la partie de la simulation où ils choisissent avec priorité aux liens (fig. 12-15). Les premiers et les derniers agents choisissent entre le même nombre d'agents différents, tandis que ceux du milieu sont beaucoup plus diversifiés dans leurs demandes. Ceci indique que les réponses que les agents du milieu reçoivent sont plus circonstanciée que les autres : pour ceux du début les accords sont très souvent acceptés, pour ceux de la fin très souvent rejetés.

FIG. 12-14: Nombre de bêtes par transhumant au bout de 400 pas de temps, classés dans leur ordre d'arrivée. Les transhumants qui arrivent toujours en dernier sont légèrement avantagés par cette situation.

FIG. 12-15: Nombre de sédentaires rencontrés par chaque transhumant du 50ième au 400ième pas de temps : l'ordre d'arrivée a un véritable impact sur les choix de rencontre.

FIG. 12-16: Quel que soit le nombre de villages perturbés, il y a toujours le même nombre de bêtes en tout dans l'univers

Durant les premiers pas de simulation (au hasard), les agents arrivant les derniers reçoivent un grand nombre de refus, auprès des agents qui ont acceptés ceux qui arrivent en premier. Comme dans ces simulations la mémoire est cumulative, et qu'à aucun moment l'effet des refus ne peut être annulé, les relations des deux moitiés de la population se construisent de façon parfaitement opposée, ce qui explique cette différence importante. Quand la population est coupée en deux groupes ce sont les derniers dans chacun des groupes qui se retrouvent désavantagés. Si ceux du milieu sont les plus désavantagés, c'est qu'ils reçoivent moins de refus que les derniers : ils ont alors les représentations les moins nettes et donc les moins personnalisées. Encore une fois, c'est avoir des représentations différentes des autres qui a un effet bénéfique.

12.4 Perturbations

Pendant la période de perturbation, tous les troupeaux perdent des bêtes. Le nombre de troupeaux qui viennent dans les villages perturbés diminue seulement très légèrement pendant

FIG. 12-17: Nombre de troupeaux accueillis pour l'ensemble des villages non perturbés et des villages perturbés : la différence pendant la période de refus systématiques n'est pas très importante.

la période où les refus sont systématiques et redevient normal par la suite. Dans cette période, certains des troupeaux sont moins détruits que les autres, mais cette différence revient à des valeurs normales en très peu de temps, tout comme la taille des troupeaux (fig. 12-16).

Si, par exemple, dans quatre villages les sédentaires opposent des refus systématiques aux transhumants, il n'y a pas de modification dans le type de régularité, même si les liens en eux-mêmes changent légèrement (fig. 12-18). Avant les perturbations, les transhumants rencontrent en moyenne 17 sédentaires différents avec un maximum de 19. Pendant la période de perturbation, les relations qu'ils entretiennent avec les éleveurs n'évoluent pas tellement : ils continuent à aller dans les villages perturbés et essuient donc un grand nombre de refus (fig. 12-17). Dans la période qui suit les perturbations, la forme de relation est la même : les transhumants répartissent leurs demandes chez deux sédentaires par village de façon régulière et en fréquentent en moyenne 18 en tout jusqu'à la fin de la simulation. Quelques légères modifications ont été engendrées dans les liens, mais ils ont gardé des contacts avec en moyenne 12 des sédentaires

FIG. 12-18: Les accords passés par un transhumant pendant 400 pas de temps d'une simulation où les sédentaires refusent systématiquement les accès.

qu'ils fréquentaient précédemment. Les refus systématiques pendant 50 pas de simulation n'ont donc pas détruit les habitudes antérieures.

Comme tout au long de la période de perturbation ils vont dans tous les villages de façon régulière, certaines de leurs demandes auprès des sédentaires sont acceptées, suffisamment pour que leur troupeau survive. Cela explique donc qu'ils conservent des bêtes. Comme ils restent très réguliers dans leurs relations, on comprend aussi que des inégalités puissent se créer : ceux qui ont moins d'habitudes dans les villages perturbés seront moins affectés par les refus.

Il est possible de comprendre pourquoi les transhumants ne quittent pas les villages où les sédentaires refusent l'accès de façon systématique. Au bout de 150 pas de simulation, leurs habitudes étaient très ancrées : cela signifie que les représentations qu'ils avaient des sédentaires qu'ils fréquentaient étaient si supérieures à celles des autres sédentaires¹ que même un grand nombre de refus successifs ne réussit à réduire qu'en partie l'attrait des agents. Comme les modifications ne peuvent alors affecter que quelques représentations, à la suite des perturbations la plupart des liens sont encore les mêmes.

¹Cette « représentation » est un entier.

Ces simulations permettent de voir encore combien il est important que chacun ait une image des sédentaires différente, pour stabiliser les relations et aider à la survie des bêtes.

12.5 Conclusion

Dans les simulations où les agents choisissent avec priorité aux liens, la ressource est plutôt bien utilisée et les terres ne sont pas trop dégradées. Il y a peu d'influence de l'histoire dans les résultats finaux des simulations, et il se révèle un véritable équilibre entre la taille des terres et la répartition en nombre de bêtes. Il existe une concurrence entre les transhumants du fait de la régularité de leurs choix (ce que l'on déduit du fait que l'équilibre est moins bon que pour les situations au hasard), mais elle est facilement compensée grâce à l'apprentissage. Dans ces simulations, les représentations des transhumants ne sont pas créées à partir de données communes mais sont purement individuelles, ce qui permet à chacun de partager au minimum ses choix avec les autres. Les résultats de production des agents (transhumants et sédentaires) sont relativement homogènes.

Ici, la construction de la représentation a permis de mettre en place une régularité très nette, et qui limite les relations des transhumants dès leur changement de logique. Elle permet cependant à ceux-ci de varier les choix de façon plus importante que dans le cas des représentations en terme de coûts. En particulier, les agents vont presque toujours dans tous les villages. Cependant, il n'est pas aisé pour les agents de transformer leurs habitudes dans leurs relations, aussi diversifiées soient-elles : le processus de création d'habitude est basé sur les 50 premiers pas de simulation, pendant lesquels les agents accumulent des informations, et les écarts ne feront que s'agrandir par la suite.

Ce qui créait artificiellement une concurrence dans les simulations au hasard, et par conséquent une inégalité (la fixation de l'ordre d'arrivée), permet ici de l'inverser. Comme, dans ces simulations, les transhumants n'oublient aucun événement, plus leurs expériences sont diverses, et meilleurs sont leurs résultats.

Chapitre 13

Discussion

13.1 La synthèse des résultats

Suivant notre objectif, nous voulions pouvoir évaluer l'importance que les représentations des agents ont sur la dynamique du système, en terme de production et de régularité des liens. Pour obtenir une régularité de relation dans le cadre d'échanges marchands, nous avons utilisé un objectif unique pour les agents : ne pas choisir ceux qui leur ont refusé l'accès. Il a été traduit en deux comportements, relatifs au type d'informations qui sont utilisées : soit les liens sont utilisés en tant que tels, soit il y a traduction sous forme de coûts.

A travers les résultats on constate deux choses.

La première est que cette méthode a effectivement permis de mettre en place une grande régularité dans les rencontres : la mémoire basée sur les refus (traduits de deux façons distinctes en terme de représentation) permet de créer des liens privilégiés et d'établir une routine. Ceci était le principal résultat recherché.

La seconde est que malgré une logique qui reste la même pour les agents, la représentation du monde choisie induit des écarts énormes en termes de comportements et de résultats à un niveau global. Nous avons ainsi vu se dessiner deux formes très différentes de routines, qui sont plus ou moins flexibles, et induisent des résultats variables.

En résumant les points communs et en explorant les différences qui apparaissent, il devient possible de comprendre comment le type de mémoire des agents influe sur les résultats. Voici donc quelques tableaux résumant les résultats obtenus.

Simulation	Hasard (chapitre 11)	Priorité coûts (chapitre 12)	Priorité Fidélité (chapitre 13)
Normale	Bon usage des terres : peu de concurrence entre les agents	Apparition d'une concurrence importante et qui irréductible entre les agents, qui est dommageable pour les troupeaux et la ressource	Bonne répartition des transhumants : la concurrence qui apparaît du fait de la régularité est très atténuée grâce à l'apprentissage : dégradation des terres peu importante
Perturbée	Sensibilité à la période de perturbation, mais récupération de la situation par la suite	Sensibilité à la période de perturbation et changement définitif des dynamiques de rencontres par la suite	Sensibilité à la période de perturbation pour le nombre de bêtes mais relations stables
Ordre figé	Inégalité nette entre les premiers et les derniers arrivés	Apprentissage qui permet à tous d'avoir un usage équivalent des terres, réduction de la concurrence	Meilleur usage des terres par les derniers arrivés que par les premiers

Les simulations pour lesquelles les sédentaires et les villages ne sont pas dotés des mêmes caractéristiques au début nous permettent de voir que ces simulations ne sont pas sensibles à la transformation des mêmes paramètres. Ainsi, pour les simulations à priorité aux coûts, les écarts de ressource entre les sédentaires sont moins importants que les écarts de coûts. C'est la contraire pour les simulations à priorité fidélité.

13.1.1 Usage de la ressource au niveau global

Dans le modèle tel qu'il a été construit, il y a dans la définition une dépendance réciproque locale entre la disponibilité de la terre et la taille des troupeaux qui l'occupent à un pas de simulation donné. Les animaux ont besoin d'une disponibilité suffisante pour se reproduire.

Lors d'une demande d'accès par un transhumant, si la disponibilité est trop faible, cela peut avoir deux conséquences qui influent sur son troupeau :

- si le sédentaire a une trop basse disponibilité (inférieure à 30), il n'acceptera qu'un troupeau et refusera tous les autres, ce qui a un impact immédiat pour les transhumants qui lui demandent un accès.
- si la disponibilité de la terre est inférieure à la moitié du troupeau, le transhumant perd 4 bêtes à ce tour.

De plus, le nombre de bêtes sur la terre a une action sur la ressource et fait augmenter ou diminuer sa taille. Réciproquement, la terre a besoin d'un nombre de bêtes adéquat, pour que la disponibilité ne diminue pas. Il existe en effet deux caractéristiques de la terre d'un sédentaire à un moment donné : la taille maximale de sa terre, et la disponibilité qu'il en a, c'est-à-dire la taille de terre qui n'est pas inutilisable car dégradée.

Ici, dans toutes les simulations on a retrouvé au niveau global ce lien entre la taille des terres mises au début et le nombre de bêtes présentes sur le sol au cours du temps. Même en cas de perturbations positives ou négatives pendant quelques pas de simulation, c'est toujours le même rapport que l'on retrouve à la fin : dans tous les cas, ce n'est pas l'histoire d'une terre qui va donner le résultat final mais plutôt les données initiales. Ce rapport, par contre, varie nettement en fonction des types de simulations.

Dans le modèle, la simulation au hasard est celle qui donne les meilleurs résultats. Le système décrit en effet une situation où il est dommageable pour les agents d'être nombreux au même endroit : comme une distribution équitable est mise en place dans les simulations au hasard, c'est elle qui se révèle la plus productive. Dans les autres simulations, où une régularité apparaît, la co-présence des transhumants chez un même sédentaire est plus habituelle et répétitive et la ressource est plus souvent endommagée. Dans le cadre des simulations à priorité aux coûts, on peut considérer qu'il s'agit d'une véritable « concurrence », car elle est très nettement dommageable pour le système.

Dans le système, ce qui garantit une distribution un peu meilleure des transhumants sur la ressource est la possibilité qu'ils ont de se constituer un savoir individuel, qu'ils ne partagent pas avec les autres. Ceci apparaît dans la bonne réussite :

FIG. 13-1: Relation entre la taille des terres et le nombre de bêtes. La concurrence que l'on peut observer, et qui réduit la production, est plus importante quand il y a régularité dans les relations.

- des simulations à priorité coût où les agents arrivent dans un ordre figé,
- des simulations à priorité fidélité où les agents arrivent dans un ordre figé,
- des simulations à priorité fidélité où les villages refusent une grande partie des demandes.

Tous les éléments qui contribuent à ce que les transhumants essuient beaucoup de refus et aient une vision individuelle constituée par leur histoire aide à rendre l'usage de la ressource plus efficace.

Les simulations à priorité aux coûts sont celles où les transhumants demandent l'accès, pendant plusieurs pas de simulation, aux mêmes sédentaires. La vision sous l'angle des coûts est une agrégation de différents types d'informations : la valeur réelle demandée par le sédentaire et les refus ou acceptations sont ainsi agglomérées. Les choix sont basés en partie sur des éléments « objectifs », qui sont les coûts réels et leurs différences. Ainsi, les agents quand ils choisissent à priorité aux coûts, se basent sur des informations communes, et il est donc plus habituel qu'ils partagent les mêmes attirances, ce qui pose un problème en termes d'accès. Si c'est la relation seule qui est considérée (priorité aux liens), ce qui est attirant pour un agent n'a aucun

fondement pouvant être partagé avec les autres, et c'est pour cela que les résultats sont bien meilleurs. Il arrive que ces préférences se recouvrent (et c'est pourquoi les résultats sont moins bons que pour les simulations au hasard), mais cela est plus rare que quand le critère choisi est « objectif ».

Dans l'usage d'une ressource en commun qui ne peut être partagée, localement, par un trop grand nombre d'agents, il semble que la régulation spontanée qui s'établit quand les agents ont une représentation en terme de coûts n'est pas très efficace.

On a constaté également que le système rendait les agents très sensibles à la répartition des ressources dans les villages. Les écarts de ressource ont une importance pour les agents, dans le fait que cela réduit la taille des troupeaux, qui s'adaptent aux plus petites terres. Dans le cas des simulations au moins cher, cela touche tous les agents de façon indifférenciée, tandis que cela augmente les inégalités entre les agents si ceux-ci choisissent à priorité aux liens.

Il y a de plus une grande importance du fait que les sédentaires sont réunis par villages. On l'a constaté en rendant les villages hétérogènes en terme de coûts ou de quantité de ressource. En général, il existe pour les simulations à priorité coûts et à priorité fidélité des valeurs optimales pour les écarts qui font que la survie globale est la meilleure. Changer de village est un processus plus long que de passer d'un sédentaire à un autre qui fait que ce choix est un élément important de la survie d'un transhumant.

13.1.2 Rencontres

Deux formes de relations apparaissent, qui sont très distinctes et dépendent très nettement des représentations des transhumants. Un résultat un peu paradoxal apparaît : les rencontres sont beaucoup plus constantes pour les simulations à priorité coût que pour les simulations à priorité fidélité.

Dans les simulations à priorité aux coûts, les transhumants n'ont toujours que peu de relations régulières : au maximum 8 agents sont sollicités pendant toute la fin de la simulation. Dans les périodes de perturbation, les agents changent parfois de façon définitive leurs liens, tout en continuant à rencontrer le même nombre de sédentaires.

Les transhumants qui font leurs choix à partir de leurs liens passés ont des relations plus « diversifiées ». Ils rencontrent de façon régulière plus de 15 agents, et ne les abandonnent jamais

FIG. 13-2: Résultats des deux types de simulations où l'on voit le nombre de bêtes et la disponibilité et les relations au cours du temps : à gauche les agents choisissent avec priorité aux liens et à droite avec priorité aux coûts.

par la suite, même en période de perturbation.

Or on a constaté en parallèle, dans les simulations à priorité aux coûts que les configurations où les agents rencontrent le plus de sédentaires différents sont également celles où la survie est la meilleure. La possibilité pour les transhumants d'avoir des rencontres à la fois régulières et variées est un des éléments des sociétés artificielles qui ont de bons résultats (fig.).

13.1.3 Différence d'apprentissage

La capacité à se diversifier est en fait un résultat assez direct de la façon qu'ont les transhumants de faire des choix, et donc de la construction de leurs représentations. Or on a constaté une différence fondamentale dans l'évolution des représentations.

La première différence est le fait que la représentation par les coûts est établie à partir de données qui sont partagées par tous, et qu'alors le fonctionnement du système ne repose que

sur le fait que les transhumants ont des images fausses de la réalité. Ainsi, cette image est soit une surévaluation (qui est une accumulation de petites erreurs) soit une image qui correspond à la réalité (quand le sédentaire ou le chef vient d'accepter un accord).

Par contre, celle par les liens ne fait que conserver une image du passé. Les préférences dans ce cas ne sont définies que sur des critères totalement subjectifs. On a vu l'avantage de ce type de rationalité dans ce modèle où il n'y avait a priori qu'une très faible concurrence : sans envie partagée, chacun peut trouver une place et le système montre une bonne survie.

Si dans les deux cas c'est par différenciation entre les agents que se construisent les choix d'un transhumant, la vision qui donne priorité aux coûts semble moins « fine » que celle basée sur les liens.

Dans les simulations à priorité aux coûts, deux raisons font que les sédentaires sont abandonnés par un transhumant : les coûts anticipés sont beaucoup plus élevés qu'ils ne devraient, ou ils se trouvent dans des villages où le transhumant ne veut pas aller et ils ne sont donc même pas considérés. C'est alors par saut que la représentation va changer, où un trop grand nombre de refus successifs va éliminer un sédentaire du groupe des « rencontres souhaitables ». Si les écarts entre les coûts imaginés sont longs à être comblés (parce qu'ils sont importants ou parce que la constante d'apprentissage est faible), les images seront plus individuelles pour les agents. C'est parce qu'être d'accord avec les autres est dangereux dans ces simulations, que tout ce qui contribue à ce que les transhumants se construisent leur propre image est bénéfique. Dans ce cas, le manque de recul historique, qui fait oublier l'histoire des refus dès qu'un accord est accepté et engendre des comportements assez radicaux, aide à la survie.

Dans les simulations à priorité à la fidélité, les transhumants conservent une information plus précise, qui empêche les sauts et les abandons qui pourraient avoir lieu à partir d'une unique réponse. C'est par accumulation que les transhumants se construisent leur image d'une relation passée. Ainsi, l'agent conserve un petit groupe de sédentaires qui sont considérés comme très proches en valeur et dont le caractère de « rencontre souhaitable » perdure par l'élimination des autres pour ce rôle, et c'est ce qui fait que même en période de perturbation, l'écart est suffisamment important pour que l'avis des transhumants reste stable un long moment. L'apprentissage par l'histoire se fait d'une façon plus souple : un refus n'est toujours qu'une information ajoutée, mais ne permet jamais de franchir en un seuil qui mènerait à un abandon

définitif. Il permet de découper les relations en deux groupes - souhaitables ou non - de façon stable, mais qui autorise plus de variations que celle du prix.

Les systèmes d'apprentissage ont été testés sur deux formes de simulations, celles où les agents vivaient des refus systématiques et celles où l'ordre d'arrivée était figé. L'apprentissage tel qu'il a été défini se révèle très efficace dans ce second cas : la régularité établie sur les premiers pas de temps du choix est plus rapide dans le cas de refus arrivant quand les régularités ne sont pas encore établies. Les préférences sont par contre assez délicates à faire évoluer. On peut dire que la situation la plus souhaitable pour un agent n'est pas de recevoir moins de refus possible, mais de les recevoir dans une période où ces refus permettent de structurer ses choix de la façon la plus efficace.

13.2 Interprétation

Ce modèle était établi à partir d'un grand nombre d'hypothèses qui concernent la description du terrain, mais s'inspirent également des théories économiques. Il était construit à partir de présupposés de l'économie classique. Le plus important est ici la forme des représentations de l'univers dont étaient dotés les transhumants : ils n'ont pas de capacité à le percevoir directement, et ne communiquent jamais entre eux pour échanger de l'information. L'ensemble de leurs connaissances sont des inférences liées à des communications très codifiées. C'est donc dans ce contexte théorique que peuvent être analysés les résultats.

13.2.1 Flexibilité et capacité de charge

Les agents étaient placés dans un univers où ils avaient accès à la ressource en effectuant des demandes. L'univers répondait à quelques règles de bases qui déterminaient l'évolution des capacités d'accueil d'une année sur l'autre, et les réponses des sédentaires et des chefs. Le point le plus important est le fait qu'il existait un nombre maximal d'agents que la ressource pouvait supporter à une date donnée. Cette idée se référait à une notion classique dans la littérature sur l'usage des ressources pour l'élevage : la « capacité de charge » de la terre, entendue en général au sens biologique du terme. Elle représente la valeur maximale du nombre de bêtes qui peuvent survivre dans le long terme sur une surface de terres donnée. Cette capacité de charge

pourrait être vue, dans notre modèle, comme le nombre de bêtes à la fin (qui reste très stable à partir du 150ième pas de simulation pour toute les simulations).

Or ici, les règles locales ont donné des charges globales très différentes entre les deux modèles, mais aussi en fonction des paramètres. En général il a été possible d'associer la « flexibilité » dans les relations (le fait que les transhumants puissent choisir entre plusieurs relations régulières à chaque tour ou bien au hasard) à un bon fonctionnement du système. Cette flexibilité dans les relations correspondrait, dans un univers spatialisé, à un déplacement entre plusieurs lieux différents et donc à l'usage de pâturages divers. La capacité de charge de notre système n'est donc pas liée seulement à la quantité de terre disponible, mais également à la façon que les agents ont d'utiliser la ressource.

On a vu également que si l'ordre d'arrivée est figé, quand les agents font des choix pour faire leurs demandes, ceux qui arrivent à la fin s'adaptent très bien à cette position de derniers et vont même jusqu'à en « profiter » (si tant est que ces transhumants artificiels profitent). Ainsi, un usage spécifique de la ressource et des habitudes permet de modifier la concurrence (plus ou moins importante) qui existe automatiquement sur une ressource limitée, et qui cause des désagréments aux agents. L'apprentissage introduit permet aux agents de se construire des habitudes différentes des autres dans ce cas là.

Ceci permet d'insister sur le fait que dans le cadre de l'élevage mobile, la notion de capacité de charge ne peut pas être utilisée au sens biologique, dépendant simplement de la ressource (comme cela est souvent le cas). On rejoint là certaines remarques de spécialistes de l'élevage par rapport à la question de la capacité de charge au Sahel. Déjà, il est important de voir qu'en fonction des objectifs des éleveurs, et de leurs habitudes de perception, ils concevront la dégradation d'une façon très différente [Boutrais, 1994a], [Moritz, 1994]. La grande diversité des problèmes qui apparaissent et poussent à sans cesse reconsidérer ses choix, en suivant des stratégies très diverses. Ainsi, sachant que les éleveurs peuvent faire varier la fréquence avec laquelle ils utilisent une terre, ou l'alimentation qu'ils fournissent aux bêtes (en durée), il devient même impossible de calculer la valeur fourragère d'une brousse. Ceci rend le concept de capacité de charge assez peu généralisable, si l'on ne le conçoit pas dans une double perspective à la fois sociale et écologique [Behnke & Scoones, 1992]. L'élevage transhumant en lui-même peut être considéré comme une réponse pratique à des problèmes écologiques : il est bien souvent le

seul moyen de valoriser un espace où la variabilité climatique ne permet aucune autre forme de culture [Niamir-Fuller, 1999c]. Ces éléments permettent d'expliquer que la capacité de charge perçue à un instant donné n'a pas de sens dans ce type de contexte, et que des échelles temporelle et géographique étendues doivent être prises en compte pour analyser les phénomènes de dégradation éventuelle.

Les variations en terme de relations obtenues entre les différents scénarios sont également intéressantes, dans la mesure où ces résultats rappellent effectivement les configurations que nous cherchions à représenter dans cette recherche. Si la régularité nous intéressait, une forme de capacité à s'adapter devait aussi pouvoir apparaître chez nos agents. Dans le cas des simulations où les agents tentent de reproduire les liens, leur capacité à survivre malgré des perturbations est assez convaincante, et elle semble liée au grand nombre des relations qu'ils entretiennent de façon régulière. Ces liens sont en effet beaucoup plus nombreux, et dans plus de villages, que pour les simulations où les transhumants choisissent avec priorité aux coûts.

Le type de routine qui a été créée dans ces simulations évoque ici ce qui peut être observé dans les populations mobiles du Nord-Cameroun : chacun appartient à des réseaux de relations vastes, qu'il renouvelle perpétuellement [Requier-Desjardins, 1997]. Cette diversification semble d'ailleurs une caractéristique très importante des liens entretenus par les nomades de façon plus générale [Monod, 1975]. Certains auteurs se positionnent d'ailleurs en faveur d'une grande permissivité des déplacements des éleveurs dans le simple but de maintenir leur capacité de production et de garantir ainsi l'usage de la ressource dans le long terme [Turner, 1999], [Niamir-Fuller, 1999a].

13.2.2 Des externalités qui n'assurent pas la coordination

Ici, on a noté en premier lieu que les deux systèmes qui créaient la régularité se révélaient moins « efficaces » que le hasard pour que les ressources soient bien utilisées¹. On peut noter que le hasard représente un mode de choix qui ne correspond à aucune réalité de terrain : en particulier, on sait qu'il existe toujours de nombreux arrangements qui permettent aux éleveurs d'orienter leurs choix de déplacement. Dans les deux simulations où la régularité (observée sur

¹Ce que nous appelons ici l'efficacité de notre système est définie par la possibilité de celui-ci de contenir une population à peu près stable de bêtes, sans que la ressource ne soit dégradée.

le terrain) a été créée, il n'y a de fait aucune coordination par les agents. On a supposé qu'ils ne communiquaient pas mais s'influençaient les uns les autres par leur simple usage de la ressource, qu'il y avait une forme de communication à travers l'environnement. Cette description rappelle la notion d'externalité en économie : les actions individuelles de chacun influent sur l'univers des autres, et une coordination en découle sans qu'elle soit recherchée en soi. Dans notre univers, où aucune communication n'existe, il semble que la coordination spontanée qui peut apparaître du fait de la gêne des refus n'amène dans aucun des cas à une solution optimale.

Ici, le fonctionnement le moins adéquat est celui qui représente l'ensemble des échanges à travers les coûts. Ce résultat semble assez intéressant dans le contexte de l'économie, où l'on considère toujours que les agents ont une représentation uniforme. Or ici, même s'il y a une norme dans la traduction (la constante d'apprentissage est la même pour tous), c'est uniquement parce qu'il existe une hétérogénéité des points de vue que le système peut perdurer. Dans le contexte de l'usage d'une ressource commune sans coordination, c'est le fait que chacun ait une représentation différente- et donc des intérêts personnels- qui permet que celle-ci ne soit pas détruite.

A priori, la notion de coût est une analyse basée sur une observation extérieure, qui postule qu'il est possible de définir la forme de rationalité des agents seulement sur la base d'un intérêt d'ordre économique. Pour pouvoir expliquer l'intérêt de répéter une action, souvent, on définit des coûts de transaction en considérant que le temps passé à établir un accord « peut être interprété » comme une dépense. C'est ainsi que nous avons considéré que les refus antérieurs « peuvent être considérés comme des risques de refus par la suite, et qui sont anticipés en étant traduits sous forme de coûts ». Cette traduction est une hypothèse forte sur la façon qu'auraient les agents d'établir des équivalences, et elle s'est révélée assez dommageable pour le système.

A l'inverse, la représentation à priorité aux liens peut sembler un peu tautologique : on considère que si les liens sont reproduits c'est parce qu'ils doivent l'être, cela ne fournit pas d'explication supplémentaire à la description de fait. Elle présente cependant l'avantage de modéliser une compréhension qui semble plutôt directe du monde (les liens créés). De plus, ce modèle simple de rationalité nous a permis de reproduire une dynamique de relation beaucoup plus proche de la flexibilité que nous souhaitions évoquer, en permettant de plus diversifier les rencontres tout au long de la simulation.

Ces résultats permettent de s'interroger sur l'intérêt qu'il y a à traduire de façon automatique une réalité perceptible par les agents par une représentation sous forme de coûts comme cela est le cas dans en micro-économie classique (ce qui était déjà la conclusion obtenue dans [Rouchier & Requier-Desjardins, 1998]).

Avant de conclure sur ces remarques, il est important de noter que dans notre système, même s'il y a des échanges marchands, nous ne nous situons pas dans un marché artificiel. Ici, les coûts ne varient pas, et c'est simplement la représentation qui est le seul élément dynamique. Au niveau local et global on juge alors des effets des différentes variables, et de l'importance d'individualiser les représentations dans le cadre d'une compréhension très simplement individualiste d'une société, usant d'une ressource renouvelable à l'accès de laquelle chacun peut prétendre. Le principal résultat que l'on obtient ici est que des choix purement individualistes ne parviennent en aucun cas à assurer un très bon usage des ressources, ce qui va à l'encontre des hypothèses qui fondent l'économie classique. A la fois du point de vue de l'usage de la ressource et de la flexibilité des comportements, la traduction à travers les coûts se révèle inadéquate dans notre système. Ce résultat permet de se rapprocher des économistes qui estiment qu'il est impossible d'organiser l'usage d'une ressource sans qu'une coordination de type institutionnelle (non exclusivement marchande) ne soit installée [Thébaud, 1990]. En effet, de nombreux économistes réprouvent les choix de développement liés à des expertises basées sur des présupposés d'économie standard [Thébaud, 1995]. Plus généralement, l'omniprésence de la théorie classique dans l'ensemble des champs de recherche en économie, est remise en cause par ceux qui souhaitent introduire d'autres approches, produisant des descriptions plus proches des comportements réels [Moss *et al*, 1998], [Kirman, 1997], [O'Connor, 1994].

13.3 La confiance et le lien

A travers l'élaboration du modèle JuMel, c'est la construction d'une routine dans des échanges marchands artificiels que nous avons tentée. Ce travail s'inscrit dans une réflexion plus générale sur la confiance : cette routine a été identifiée comme un mécanisme fondamental qui préside à l'apparition de la familiarité, qui elle même rend possible la confiance.

C'est la fuite des refus qui nous a servi de motif pour organiser la mémoire des agents et leur

faire faire des choix. A partir de là, nous avons cherché à voir quel modèle de compréhension du monde était pertinent et possible à représenter aisément dans un système.

A travers les simulations, il a été possible de voir que l'une des deux représentations du monde économique dont nous avons dotés les agents est plus pertinente pour représenter cette régularité dans les relations. Si on la considère comme meilleure, c'est principalement parce que les résultats obtenus évoquent plus les réalités que l'on peut observer de l'usage des ressources par les éleveurs. L'usage de la ressource est le moins dégradant, car il est lié à une grande flexibilité dans les déplacements. Cependant, la régularité des liens est toujours constatée, même face à des perturbations. De plus ce modèle de représentations rend les transhumants artificiels plus sensibles à des modifications de ressource qu'à des modifications de coûts.

Ce que les résultats de simulations induisent ici est plutôt le choix d'abandonner une analyse par l'existence d'un intérêt économique pour envisager l'apparition de routines. Cela revient à considérer que la valeur du lien, créé lors de l'échange, est un motif suffisamment structurant dans un groupe, même artificiel, pour qu'on puisse le prendre comme base dans l'élaboration de nouveaux modèles.

Troisième partie

L'action de l'individu et son appartenance au collectif : le terrain de l'Extrême-Nord du Cameroun

Chapitre 14

Le séjour à l'Extrême-Nord du Cameroun

Le travail de thèse s'est organisé autour du thème des interactions qui ont lieu entre les individus qui souhaitent se garantir l'usage d'une ressource. Dans cette optique, l'analyse des relations économiques semblait pertinente et conduisait à une réflexion sur la confiance dans l'interaction. On a tout d'abord estimé que celle-ci se manifeste, tout autant qu'elle se construit, au travers des relations individuelles. En particulier, la familiarité semble se développer dans des relations de routine. C'est ce thème que le modèle JuMel développait précisément, en décrivant un modèle de relations individuelles, sans que ne soient jamais questionnées les bases sociales de l'organisation de ces relations. Or, le fonctionnement du système, se basant sur les externalités, ne semblait pas parfaitement adéquat pour comprendre la coordination des agents autour de l'usage d'une ressource.

Pour aller plus loin dans l'étude de la régularité des liens, il semblait intéressant de chercher à percer les règles, les habitudes et les perceptions qui les sous-tendent. C'est cette approche que permettait de prendre en compte le travail de terrain auprès d'éleveurs mobiles de l'Extrême-Nord du Cameroun. Il devenait possible de rencontrer les individus qui entretiennent ces relations, afin de voir comment eux-mêmes comprennent leur importance pour leur usage de la ressource. A travers les entretiens, le caractère purement individuel des relations pouvait disparaître, pour révéler une dynamique collective d'usage de la ressource.

14.1 Questions et méthode

Afin d'atteindre une meilleure compréhension des régularités, le travail s'est principalement axé sur une découverte des formes de contact que les éleveurs envisagent, que ce soit avec les populations sédentaires ou avec les chefs. Pour cela, l'étude bibliographique antérieure (voir chapitres 1 et 2) donnait quelques indications sur des éléments importants pour saisir le système des droits d'accès. En particulier, il fallait chercher les liens existants et les régularités dans le domaine des échanges marchands, des contrats de fumure et de gardiennage, et des dons aux chefs. Les entretiens menés se sont déroulés au départ sous forme de récits de vie et de questions sur des sujets de technique, puis sont devenus plus dirigés vers la question des représentations.

Au cours des entretiens, il est apparu que les liens des éleveurs ne se limitaient pas à un cadre individuel, mais que toutes les relations étaient observées par l'ensemble du groupe et jouaient un rôle dans le bien-être général des éleveurs. Les entretiens ont alors été orientés vers d'autres types de préoccupations, et en particulier les représentations que les membres d'une communauté ont des autres groupes, l'influence de ces images sur les relations personnelles et le regard sur les actions des autres qui permettaient de produire cette image. Les questions préparées pour les entretiens étaient alors une base à partir de laquelle les discussions pouvaient s'engager sur la question des perceptions réciproques.

14.2 Les activités menées

Les entretiens ont été menés lors de sept sorties sur le terrain, dont la localisation s'est faite au fur et à mesure, en suivant les conseils des différentes personnes rencontrées (les chercheurs du centre, les responsables locaux et les enquêtés eux-mêmes). Ce choix a porté sur deux campements d'éleveurs nomades :

- au campement d'Aladji Diya, près de Mazera, pendant une semaine,
- au campement d'Aladji Alamine, pendant trois jours.

Les entretiens ont été menés chez des populations sédentaires ou chez des éleveurs faisant transhumer leur bétail, dans trois villages et leurs environs (Kolara, Midjivin et Foulou) et un quartier de Maroua où de nombreux éleveurs pratiquent l'élevage mobile durant une longue

partie de l'année (Makabaye). A chaque occasion, le chef du village (*lawan* ou *laamido* selon les lieux), le *sarkisanu* (celui qui, de façon coutumière, entre en contact avec les éleveurs) et le vétérinaire étaient également rencontrés.

D'autres activités annexes ont permis d'obtenir des renseignements sur les sujets qui nous intéressaient, telles que :

- la rencontre d'un représentant du ministère de la coopération française, Moïse Labonne, Délégué auprès du Ministère de l'Élevage, qui nous a fourni une vision assez large de la situation récente des éleveurs,
- la participation aux activités du CEDC, en assistant à des ateliers sur la question de l'usage des ressources renouvelables dans la région et de l'action de la recherche sur le sujet,
- la présence à la table ronde organisée par le projet Waza-Logone entre les éleveurs transhumants de la plaine des Yaéré et les autorités locales, pour discuter des problèmes rencontrés dans leur pratique de l'élevage.

14.3 Villages et populations

La région de l'Extrême-Nord regroupe, comme on l'a vu, une population d'éleveurs très importante. Nombreux sont ceux qui pratiquent la transhumance. Le travail s'est déroulé entre janvier et mars, c'est-à-dire en saison sèche, alors que les campements étaient déjà installés dans les zones de transhumance pour la saison. Deux campements ont été visités dans la plaine des Yaérés.

Le premier était celui d'Aladji Diya, Peul Mare, situé près d'Areinaba. Depuis 13 ans il transhume entre cette plaine et les alentours de Midjivin, où il séjourne en saison des pluies. Aladji Diya est seulement éleveur et possède trois troupeaux : deux qui restent avec lui et sa famille tandis que l'autre séjourne au Tchad sous la garde d'un berger. Le campement d'Aladji Diya est grand car plusieurs de ses amis choisissent de séjourner avec lui. Il regroupe en tout 14 familles. De plus, il s'installe tous les ans à proximité de quatre autres campements qui sont très proches et avec lesquels les relations sont permanentes.

Le second campement visité était celui d'Aladji Alamine, arabe Shoah, qui était situé près

de Pouss. Son campement est composé de sa famille avec un très grand troupeau, et de quelques bergers salariés qui vivent avec eux. Lui aussi séjourne en saison sèche dans la plaine, tandis qu'il reste aux alentours de Mindif en saison des pluies. Aladji Alamine pratique l'embouche, c'est-à-dire qu'il est plutôt spécialisé dans la vente des bêtes.

Le premier village visité était Kolara. Kolara est une ville de 8000 habitants répartis en 25 quartiers. La majorité des habitants sont toupouris, et il y a seulement quatre quartiers fulbes. Presque toute la population possède des bêtes, mais les troupeaux de plus de 30 têtes appartiennent presque tous (à trois exceptions près) à des fulbes. La plupart des éleveurs des quartiers font transhumer leurs bêtes. Cette pratique est redevenue habituelle récemment à cause d'une baisse de qualité des fourrages et d'une réduction des pâturages. Aux alentours, l'immigration est très importante et les nouveaux cultivateurs ont tendance à défricher des zones normalement réservées à la pâture¹. Cependant, la plupart des éleveurs décrivent la transhumance comme une obligation assez désagréable : la fatigue et le danger sont des éléments obligatoires d'une vie en brousse dont ils se passeraient aisément. Quand ils se déplacent, ils emmènent les bêtes soit au Tchad, soit dans la plaine d'inondation des Yaérés. Certains laissent même leurs troupeaux loin du village (au Tchad) toute l'année et se déplacent pour les voir lorsqu'ils le souhaitent. La brousse aux alentours de Kolara accueille en saison des pluies un grand nombre d'éleveurs : il y a jusqu'à 100 troupeaux dans les environs. Ceux-ci peuvent être des « nomades » (peu ou pas connus, qui passent ou s'installent de façon très occasionnelle) ou des « semi-nomades » (c'est-à-dire qu'ils occupent la brousse chaque saison depuis de nombreuses années)². Le *lawan*, fulbe, est éleveur et commerçant. Il pratique l'embouche (achète des bêtes pour les engraisser et les revendre) et possède de grands troupeaux qui restent au Tchad toute l'année, en brousse : il est ainsi très proche des éleveurs mobiles.

Le second village était Midjivin. La population y est presque exclusivement constituée de Giziga, avec quelques Mundang. Il y a de plus quelques fulbes dans un quartier du village (Bololo), et un campement installé de façon permanente en brousse, dont le *ardo* est Aladji Mana. Il y a de nombreux troupeaux dans le village. Dans le centre, tous sont petits et les bêtes servent surtout pour la culture attelée. Dans le campement et dans les quartiers environnants, les

¹Il y a d'ailleurs quelques conflits entre le *lawan* et celui du village voisin, Lara : celui de Kolara tente de préserver des zones pour les éleveurs, alors que le *lawan* voisin laisse les agriculteurs de son village s'y installer.

²Cette classification est celle du vétérinaire de Kolara.

troupeaux peuvent atteindre jusqu'à 100 bêtes mais aucun ne transhume. Au cours de l'année, les parcours des bêtes évoluent beaucoup mais ne s'éloignent pas à plus de quelques kilomètres du village. De nombreux éleveurs nomades s'installent à proximité du village pendant la saison des pluies, ainsi que près de Foulou.

Foulou est un des villages qui dépendent du *laamidat* de Midjvin. Le village est beaucoup plus proche de Maroua, et en est beaucoup plus accessible car une piste de bonne qualité le relie à la route goudronnée. La plupart des troupeaux y sont très grands et constitués de nombreux animaux de propriétaires de Maroua, que ceux-ci laissent en garde à des bergers appartenant au village. Il n'y a aucun éleveur peul dans le village. La grande difficulté pour garder les animaux, qui ne transhument jamais, est le manque d'eau qui pousse les bergers à creuser des puits très profonds et à tirer de l'eau pendant plusieurs heures chaque jour pendant la saison sèche.

Dans ces deux villages, ce sont principalement les questions d'eau qui posent problème bien plus que de fourrage, toujours en quantité suffisante. Il y a également quelques plaintes qui concernent les chasseurs de rats, qui sont accusés de mettre le feu à la brousse.

La dernière zone d'enquêtes était Makabayé, un quartier de Maroua, où les éleveurs n'ont que très peu d'espace pour s'occuper de leurs bêtes et c'est pourquoi celles-ci ne restent presque jamais dans la zone. Durant la saison des pluies elles sont envoyées dans la montagne proche de Mokolo et séjournent dans l'arrondissement de Kaele (et entre autre près de Foulou) durant la saison sèche. Ces éleveurs possèdent en général peu de bêtes et les regroupent sous la conduite de l'un des hommes du quartier, lui-même propriétaire, qui se fait payer pour ce travail.

14.4 Visions différentes et points communs

Il est possible de découper en quatre catégories les enquêtes menées, en fonction de la population à laquelle appartient la personne interrogée. Ont été rencontrés :

- des éleveurs vivant en brousse toute l'année, rencontrés dans une période où ils ne partagent l'espace avec aucun cultivateur,
- des éleveurs dans un village où de nombreux chefs de famille sont habitués à la transhumance et à la vie en brousse. Ces derniers, pour des raisons diverses étaient restés au

village cette année-là. Ils cultivent leurs terres et voient les nomades s'installer près de chez eux, mais sont également mobiles à certaines périodes,

- des Peuls, minoritaires dans un village où peu de gens sont éleveurs et où les nomades occupent la brousse en saison sèche,
- des cultivateurs sédentaires dans tous ces villages, connaissant plus ou moins bien les éleveurs.

Dans tous ces lieux, le regard porté par les uns et les autres est très différent. Par exemple, la vision même de ce qu'est la brousse, des activités qu'on peut y mener et de sa qualité, est très variable en fonction des groupes. Ainsi durant la saison sèche les éleveurs nomades délaissent des lieux (autour de Foulou) où les éleveurs de Maroua sont contents de mettre leur bétail. On voit aussi de grandes différences dans les attentes au cours des interactions et l'intérêt qu'elle présentent. Même dans un même village, certains cultivateurs parlent d'amitié avec des éleveurs là où d'autres ne voient que des voleurs. En général, les représentants de l'autorité sont les principaux interlocuteurs des nomades, et ils apprécient leur venue : ils y trouvent des avantages matériels pour eux-mêmes et leur population, et apprécient de voir de nombreuses personnes sous leur autorité pendant certaines périodes.

Cependant un point est commun à tous les discours. Tous signalent le grand danger que chacun sait encourir dans la brousse. En ce moment, dans l'Extême-Nord il y a de très nombreux bandits de grand chemin, qui attaquent les personnes isolées et volent des bêtes. Il y a également des « coupeurs de routes », qui travaillent à une échelle plus importante : ils sont très bien armés et s'attaquent à des bus qu'ils arrêtent sur la route, ou volent des troupeaux entiers, en s'attaquant à plusieurs aux bergers ou au campement, de nuit³. Contre ces exactions, les éleveurs n'ont que peu de recours et ne trouvent d'aide auprès de personne, pas même les policiers facilement corruptibles. Même l'autorité des chefs est particulièrement mise à mal : le *lawan* de Kolaro n'a pas pu faire châtier le voleur d'une de ses bêtes qu'il avait pourtant attrapé. Pour se faire respecter, les chefs n'ont qu'une solution qui est de recourir à des enfermements arbitraires auxquels ils ne sont pas autorisés (c'est la réputation de certains *laamido* de la région). Le problème est également que tous les individus sont très mobiles : les migrations sont

³Parmi les villageois de Midjivin que j'ai rencontrés, l'un d'entre eux s'est fait voler ainsi son troupeau l'année précédente, et son fils s'était à cette occasion fait gravement agresser.

fréquentes, et tout le monde possède suffisamment peu de biens pour se déplacer très facilement et changer de région sans être jamais retrouvé. Pour se protéger, il est donc nécessaire d'établir des surveillances perpétuelles, souvent en ayant des armes, et d'éviter tant que faire se peut les entreprises à risques.

Tout au long des enquêtes, la diversité des points de vue a été très présente, et en particulier à propos de ce qui peut éveiller la méfiance. Les soupçons des individus les uns vis-à-vis des autres sont parfois omniprésents et varient en fonction de celui à qui l'on s'adresse : du point de vue des habitants de Midjivin, les nomades sont des voleurs de bêtes ; du point de vue des éleveurs, il faut se méfier des villageois qui ont des comportements imprévisibles et peuvent s'associer pour voler quelques bêtes. Cette grande importance de la méfiance et de la confiance a été au centre des descriptions des relations entre individus de communautés différentes, et il était intéressant de chercher les éléments que les interlocuteurs fournissaient pour la justifier.

Chapitre 15

Relations individuelles des éleveurs

Dans ce chapitre sont décrites la plupart des relations que les éleveurs entretiennent avec des membres des autres communautés, ou la leur, dans leur vie quotidienne. Dans la plupart des échanges et des négociations, les individus se présentent comme des personnes identifiées et il n'existe pratiquement pas de rapport impersonnel. Ceci se retrouve à la fois dans la question des échanges de services, mais aussi dans le cas du règlement d'un dégât. La régularité des liens et l'existence de réseaux est alors un point très important dans les comportements quotidiens. Mais au-delà des routines de relations, d'autres apparaissent qui révèlent des habitudes dans la façon même de créer ces liens.

15.1 Les échanges les plus habituels : vente et services

Le marché à bestiaux est un des lieux où les éleveurs se rendent de façon très régulière puisque la vente des bêtes est leur seule source de revenus monétaires. Dans la plaine des Yaérés, il y a cinq marchés, où les éleveurs de brousse sont les principaux vendeurs. Ils peuvent se déplacer sur de longues distances pour amener les bêtes ou même traverser la frontière avec des bêtes localisées au Tchad. A Doumourou, qui se situe dans l'arrondissement de Kaele (c'est-à-dire la zone occupée en saison des pluies par les éleveurs), le vétérinaire note que le nombre de bêtes vendues au marché diminue de plus de moitié, en saison sèche, quand les éleveurs sont partis en transhumance. Les prix sont très variables en fonction du nombre de bêtes présentes et de la période dans la saison de culture, et ceci détermine combien les cultivateurs peuvent

dépenser. Un taureau de 2 ou 3 ans, à état physique équivalent, peut valoir de 20 000 à 45 000 FCFA.

Sur le marché les éleveurs doivent payer un droit d'entrée pour pouvoir vendre des bêtes, qui vaut le double du prix pour un étranger. Sur le marché, environ la moitié des hommes présents ne sont là ni pour vendre, ni pour acheter, mais viennent pour organiser la vente pour un propriétaire : mettre en contact deux parties intéressées, ou encore servir de témoins lors de la transaction. Selon les règles de vente sur les marchés, il est obligatoire d'avoir ainsi un témoin pour chacun des impliqués, et en général, il est rémunéré. Les acheteurs sont principalement des commerçants qui font transiter les bêtes vers les autres marchés de la région, plus centraux, et en particulier Bogo ou Maroua.

Quelques habitants des villages profitent des grands marchés pour acheter des bêtes, mais en général, ils préfèrent s'arranger avec les éleveurs au village. Cette vente directe arrange tout le monde. S'il n'y a pas de marché proche, cela évite aux bergers de se déplacer, et leur coûte moins cher puisqu'il n'y a pas besoin de payer l'entrée sur le marché. En général les éleveurs offrent des prix un peu plus intéressants par la vente directe, laissent des délais de paiement aux cultivateurs et sont contents d'être payé en partie en nature (surtout avec du mil). Ceux qui échangent ainsi se sont souvent rencontrés lors des marchés hebdomadaire des villages. Sur les marchés de biens, les femmes des éleveurs sont aussi présentes puisqu'elles vendent le lait. Elles vont également tous les jours dans les villages voir les femmes à qui elles peuvent vendre régulièrement du lait. L'échange du lait se fait contre de l'argent, du mil ou du riz.

Au cours des entretiens, il a été fait mention de très peu de contrats de fumure, pourtant très présents dans la littérature. Au contraire, les éleveurs se plaignaient parfois que les cultivateurs ne les remercient même pas pour avoir laissé leurs animaux sur un champ, et sont même parfois hostiles à cette pratique, pourtant avantageuse pour eux. Les seuls éleveurs à effectuer des arrangements de ce type avec des cultivateurs sont ceux de Maroua qui ont des relations régulières avec des éleveurs de la région de Mokolo. Là-bas, ils sont véritablement accueillis par les agriculteurs qui leur réservent un accès sur leurs champs d'une année sur l'autre, à la fin de la récolte. Les agriculteurs les remercient de leur présence en leur offrant de la nourriture, et parfois le logement¹.

¹Il n'a pas été possible de savoir à quoi était due cette particularité de la région : aucune relation familiale ne

Par contre, il existe de nombreux contrats de gardiennage, qui peuvent prendre plusieurs formes.

Lorsque seulement quelques bêtes sont confiées par le propriétaire, il est habituel de donner à celui qui s'occupe des bêtes une partie de la descendance, et de le laisser se nourrir du lait des animaux. Ce type d'arrangements se retrouve principalement au sein d'un même groupe ethnique, soit entre Peuls où cela est très commun, soit entre Toupouris. A priori, cet accord est une façon de signifier la confiance et de marquer l'amitié plutôt que d'établir une relation contractuelle. Une forme de ces échanges est appelée le « confiage ». Elle représente un des moyens habituels que les éleveurs utilisent entre eux pour s'entraider : celui à qui des animaux sont confiés peut avoir un complément de lait pour nourrir ses enfants grâce aux quelques animaux supplémentaires. De plus, il garde en général le quatrième petit né dans son troupeau, ce qui peut l'aider à reconstituer un troupeau.

Le choix de répartir ses bêtes dans un grand nombre de troupeaux, en mettant simplement quelques bêtes dans chaque, s'explique également comme un moyen de se sentir plus en sécurité. Les éleveurs signalent que, par ce moyen, ils diversifient les risques liés à la maladie ou aux agressions, et ont toujours des chances de conserver quelques bêtes même en cas de gros problèmes sur un troupeau. Une autre raison de prendre des bêtes dans son troupeau existe chez les éleveurs de Côte d'Ivoire mais ne m'a pas été signalée au Cameroun : lorsque les troupeaux sont constitués de bêtes appartenant à de nombreux éleveurs, si un problème de vol apparaît, ceux-ci vont s'associer pour retrouver le voleur. La solidarité est ainsi garantie par cette association [Véronique Ancey, comm. pers.].

Une autre forme habituelle de contrat est l'emploi d'un berger pour un troupeau entier. Le berger est payé, à Kolara sur des contrats de 4 mois par un taureau ou 20 000 CFA, et à Midjivin sur des contrats de 5 mois, par des sommes de 40 000 CFA ou un taureau. Il doit en plus être nourri, chaussé et habillé par son employeur (mais on se rend compte que cette clause n'est pas toujours remplie). Même les nomades emploient des bergers, soit pour qu'ils les aident au jour le jour, soit pour diversifier les zones où ils mettent leurs bêtes. Beaucoup de Toupouris de Kolara ont été bergers, en travaillant dans des campement ou en menant seuls un troupeau : ceci permet aux jeunes gens de former le troupeau dont ils ont impérativement

m'a été signalée, et les habitants de la région de Mokolo ne sont pas peuls.

besoin pour pouvoir demander une jeune fille en mariage.

15.2 Anticiper d'éventuels conflits et les résoudre

15.2.1 Dégâts sur les récoltes

Le dégât est un élément qui est inséparablement lié à la pratique de l'élevage à proximité des villages, et qui est presque impossible à éviter. Cela est d'autant plus flagrant dans la région que, les nombreuses migrations aidant, la taille des champs augmente sans cesse et ceux-ci supplantent des zones de pâturage. Déjà, les surfaces utilisables par les éleveurs diminuent ; en plus, il arrive que les bêtes, très habituées à utiliser certaines pâtures qui ont été remplacées par des champs, y retournent automatiquement et engendrent des dégâts. Pour tous, il est habituel de voir des champs abîmés dans les périodes où les troupeaux sont présents. Les habitants des villages disent surveiller attentivement ces bêtes qui sont autant de dégâts potentiels. Les propriétaires de bêtes anticipent en général les dépenses qui en découleront et il arrive que le propriétaire désigne à l'avance la bête qui devra être vendue pour dédommager un cultivateur.

Plusieurs moyens sont utilisés par les éleveurs pour tenter de réduire les risques : avoir suffisamment d'informations pour savoir où le troupeau pourra passer loin des cultures, doubler l'effectif des bergers et très peu dormir pendant les semaines de l'année où les risques sont les plus importants.

Il y a une façon standard de régler un dégât dans la région, qui nous a été rapportée par tous les éleveurs et les cultivateurs. En premier lieu, le cultivateur dont la récolte a été abîmée s'informe pour savoir qui est le responsable du troupeau. Une fois qu'il est retrouvé, une discussion s'engage en général au sujet des dédommagements. La plupart de ces discussions débouchent sur un règlement à l'amiable, et le berger doit verser une modique somme, donner du mil ou juste promettre de faire plus attention à son prochain passage. Parfois, si le dégât est plus important et que les deux personnes impliquées n'arrivent pas à tomber d'accord sur un prix, ils vont en référer au chef traditionnel. Celui-ci va alors statuer, en trouvant en général une valeur intermédiaire entre les différentes demandes pour les dédommagements ou en jugeant que le berger n'était pas en faute. Il va en outre souvent se faire payer par les deux parties en présence pour le jugement rendu. Je n'ai pas réussi à établir s'il existe des valeurs plus ou moins

« objectives » du prix à payer en fonction du dégât. En général, chaque partie a une idée de la somme qu'elle devrait déboursier : en général, par une négociation personnalisée, le berger réussit à faire sensiblement baisser la demande formulée par le propriétaire du champ. Souvent les bergers disent payer des sommes de l'ordre de 2 000 FCFA ou de 15 000 FCFA pour les petits dégâts. Par exemple, en passant devant le lawan, on voit les prix passer de 300 000 exigé par le cultivateur à 50 000 finalement payés par l'éleveur.

Il est intéressant de constater qu'il y a des exceptions très importantes et que ces habitudes consensuelles sont parfois renversées. Deux récits m'ont été faits, où les éleveurs ont été punis très fortement de leur négligence, ayant à payer des sommes qui étaient considérées comme disproportionnées ².

La première anecdote a été relatée par le propriétaire du troupeau, père du jeune berger en faute. Le jeune homme avait été « installé » par son père en brousse : il lui avait indiqué l'endroit où établir le campement et était allé voir le chef, avant de rentrer au village. Un jour, une des bêtes a causé un dégât, et l'adolescent s'est enfui par peur des représailles. Malheureusement pour lui, le propriétaire a été averti à temps pour le rattraper et, aidé par des amis, a réussi à séquestrer un de ses bœufs. De retour dans son village, il a prévenu son père qui a dû aller négocier la récupération du bœuf, et le rétablissement des bonnes relations. Il a dû alors donner deux petits bœufs au cultivateur et ajouter 30 000 CFA à la fois pour le propriétaire et pour le chef, ce qui était disproportionné par rapport au dégât causé.

L'autre éleveur n'est pas fulbe mais toupouri, et quand il transhume, il ne se présente jamais aux autorités et reste en permanence en brousse, sans avoir aucun contact avec la population. Le jour où ses animaux ont causé un dégât, personne ne le connaissait dans le village, et il a fait mine de s'enfuir. Il a eu à déboursier, à cette occasion, 266 000 FCFA, ce qui est énorme comparé aux sommes habituelles.

Dans ces deux cas, ce qui semble avoir été réellement puni n'est pas le dégât, mais le fait que les formes n'aient pas été respectées, signalant que les individus n'assumaient pas leurs responsabilités face à la communauté paysanne. L'éleveur toupouri n'était pas venu se

²Interrogé de façon séparé, chacun est capable d'évaluer le manque à gagner dû à un dégât (même si lors des conflits ce n'est pas le juste prix qui est proposé). Je n'ai pas été capable d'évaluer en quoi la somme était exorbitante en regard des dégâts décrits ici, mais cela semblait effectivement vrai à mes différents informateurs.

présenter ; le jeune, même s'il avait été présenté par son père au chef, a tenté de s'enfuir : ces comportements anormaux au regard des codes en vigueur plaçaient les fautifs dans une clandestinité, qui est par principe très violemment punie.

15.2.2 Relation au berger

Les bergers ont une responsabilité très importante quand ils s'occupent des animaux. Ceci est d'autant plus net qu'il partent loin avec les animaux du propriétaire. Ces derniers signalent de nombreux problèmes et soupçonnent très souvent les bergers de les voler en leur mentant sur la mort d'une bête ou la nécessité de la vendre. Dans l'autre sens, de nombreux bergers se plaignent beaucoup des conditions de travail qui leur sont faites : peu de nourriture, une grande insécurité et une main d'œuvre insuffisante qui rend le travail très pénible.

Certains propriétaire assez puissants, qui étaient proches du chef de leur village, m'ont signalé avoir donné la bastonnade à un berger qui était soupçonné d'avoir volé des bêtes. Ceci est cependant une situation extrême, et rarement évoquée. Souvent les propriétaires tiennent un discours assez fataliste en considérant que, tout comme la confiance est nécessaire, il est dans l'ordre des choses qu'elle soit trahie. Ainsi, ils changent de berger mais n'engagent pas forcément de poursuite à l'encontre du précédent.

C'est surtout quand le berger n'est pas un membre de la famille, ni un ami à qui quelques bêtes ont été laissées, que les éleveurs ont des soupçons. Avant qu'un berger ne soit envoyé en transhumance seul avec les bêtes, il faut en général que le propriétaire le connaisse bien et l'ait vu travailler. Dans la plupart des relations, le propriétaire l'observe pendant quelques temps à ses côtés ou le connaît depuis de nombreuses années dans le village : il se permet alors de lui faire une grande confiance³.

Pour réduire les risques, on peut également choisir un berger recommandé par un ami ou qui a un lien familial avec une personne de confiance. Pour sécuriser les déplacements des bêtes,

³Le lawan de Kolara a de nombreux bergers qu'il connaît depuis longtemps. Cependant, il exprime certaines attentes dans leur comportement et s'assure en permanence qu'ils sont dignes de sa confiance. Il était soucieux lors de notre séjour car il avait vu une de ses jeunes bêtes dans un troupeau de marchands allant vers Maroua, et se demandait ce que cela cachait du comportement de son berger. Finalement, quelques heures plus tard, le message est arrivé qu'une dépense inattendue avait forcé son employé à vendre une bête. Ainsi, son berger a le droit de vendre une bête mais doit impérativement l'informer de ce type de choix pour rester digne de confiance.

le propriétaire peut également choisir un campement où se trouvent des membres de sa famille ou des amis pour y inclure le berger : il sait ainsi qu'ils le surveilleront. En général, il établit d'ailleurs un système de surveillance permanent : il se déplace assez régulièrement dans la région où sont installées ses bêtes pour voir comment va son troupeau, ou confie le soin à un ami de la région de lui faire parvenir des renseignements.

Malgré cette surveillance, avec le manque de sécurité, l'inexistence d'une police et la facilité pour chacun de se cacher dans la brousse, il reste excessivement hasardeux de laisser ses bêtes à une personne qui n'est pas très proche, mais un employé. Malgré ces grands risques encourus, les éleveurs peuls sous-entendent dans leur discours que pour pouvoir travailler, il est souvent nécessaire de faire confiance à des gens, même si on les connaît peu.

Pour tenir ce discours, il est bien sûr plus facile d'être soi-même fulbe ou d'avoir des amis dans la communauté des éleveurs. Pour les habitants Giziga de Midjivin, qui ont peu de contact avec les éleveurs de brousse, et voient de nombreux vols dans les alentours, il ne viendraient jamais à l'idée de personne de confier ses bêtes à quelqu'un avec qui un lien relationnel très fort n'existerait pas. De plus, plus le propriétaire est riche, et donc puissant et connu, et plus grand est le nombre de personnes qui souhaitent l'aider en l'informant, car tous veulent être bien vus de lui.

Le neveu du lawan de Kolará a un berger qui a confié les bêtes sous sa garde à un autre berger, afin de prendre des vacances. Pendant quatre mois, il a laissé les bêtes aux soins de l'autre et lui a donné directement l'argent reçu du propriétaire. Ce dernier ne semblait voir aucun problème dans cette forme d'accord. Si la confiance est pour lui essentielle, elle inclut également la possibilité de déléguer la responsabilité à un tiers.

C'est pourtant son père qui, peu de temps avant, avait confié ses bêtes à un berger qui les a emmenées vers la République Centre Africaine au lieu de s'arrêter à un endroit convenu précédemment. Il a été mis au courant par des informateurs qui se trouvaient dans la région et qui savaient où le troupeau était censé s'arrêter. Il a eu ces renseignements principalement parce qu'il était riche et donc connu, et que les observateurs savaient qu'ils avaient un intérêt à long terme à l'aider. Malgré cette puissance, c'est seul qu'il a dû partir à la recherche de ses bêtes et il a eu grand mal à les récupérer à la frontière.

15.3 Conclusion

Les éleveurs entretiennent diverses relations personnelles plus ou moins durables avec des membres des populations sédentaires. Pour pouvoir faire des échanges marchands intéressants ou pour être employé comme berger par des personnes qui n'appartiennent pas directement à la communauté, il faut en effet que celles-ci aient une grande confiance. Pour que cette confiance existe, la familiarité est importante mais suffit rarement, et il est raisonnable de compter sur une surveillance importante, à la fois directe mais aussi grâce à ses réseaux de relation. Parallèlement à des contacts positifs, un grand nombre de conflits peuvent potentiellement éclater, et chacun tente de les éviter par différents moyens : principalement en étant connu, et en se comportant d'une façon acceptable par le groupe.

Si la familiarité est importante dans un grand nombre de cas, il n'est cependant pas facile pour les individus d'entretenir des relations personnelles sur le long terme, en particulier parce que la pratique de l'élevage mobile rend très dépendant des situations écologiques. Dans des contextes où la communauté est très forte, la familiarité peut alors s'étendre à la famille et aux cercles d'amis, ce qui permet en outre d'étendre les cercles de connaissance. Cependant, il existe également des situations où les individus sont parfaitement nouveaux dans un groupe, et il se pose alors la question de l'apparition d'une réputation et de liens : au-delà de la familiarité dans les liens, on a vu se dessiner un autre paramètre important dans les interactions, qui est l'existence d'une grande régularité dans les comportements face à des situations données. Les codes en vigueur sont en effet connus par tous les éleveurs, et forment une gamme d'actions possibles. Les individus choisissent de les respecter ou de passer outre, et cela a une influence assez directe sur la façon dont ils sont considérés par la suite.

Chapitre 16

Une observation accrue qui donne un sens social aux relations

Dans le contexte des petites communautés, dans les villages, les habitudes qui existent dans les relations de façon individuelle prennent une dimension sociale très rapidement : elles dépassent le cadre du lien personnel et prennent une autre dimension. Chacun joue en effet un rôle d'observateur, et aide à construire une réputation à tous ceux qui sont présents au village. On peut ainsi recenser certaines rencontres personnelles qui, au-delà d'une utilité immédiate (d'échange ou de plaisir), ont également une forte implication sociale à moyen et long terme.

16.1 Comportements attendus vis-à-vis des autorités

16.1.1 Des normes de comportement...

Il existe de nombreuses règles, à la fois administratives et coutumières, qui organisent officiellement l'accès aux pâturages. Les éleveurs nomades ont deux principaux interlocuteurs quand ils arrivent près d'un village, le vétérinaire et le chef, à qui ils doivent verser des taxes ou payer pour des services. Mélanie Requier-Desjardins a traité de façon précise la question des dépenses que ces éleveurs doivent effectuer pour être en cohérence avec la loi [Requier-Desjardins, 2000].

Il est important pour les éleveurs d'être muni d'un laissez-passer visé par des autorités vétérinaires pour pouvoir passer d'un lieu à l'autre. Ils doivent donc se présenter au moins lors

d'une des deux campagnes de vaccination qui ont lieu chaque année. A cette occasion, ils doivent payer officiellement 100 FCFA par tête de bétail. En comparant les inscriptions sur les registres vétérinaires et les renseignements donnés par les éleveurs, on peut constater que les vétérinaires ne déclarent qu'une partie des sommes reçues : il est ainsi possible de négocier directement avec le vétérinaire le prix total à payer. Bien souvent, il y a de larges approximations entre le prix théorique et le prix réel.

On a vu que le chef, représentant du village, joue d'ailleurs en général un grand rôle dans tous les règlements de conflits autour de la terre : au moment où un campement s'installe dans une zone, il est normal d'aller se présenter à lui. Comme on a vu dans la première partie, c'est souvent un représentant qui vient voir le chef et qui lui fait un don au nom du groupe. Par la suite, les éleveurs ont peu de contacts avec le chef, et ne le rencontrent que dans le cas où ils ont à porter plainte ou si quelqu'un se plaint d'eux. Le chef règle tous les conflits qui lui sont présentés, en jugeant — normalement — de façon équitable tous ceux qu'il connaît. A chaque fois qu'il émet un jugement, le chef récolte un dédommagement de la part des deux personnes impliquées.

16.1.2 ... plus ou moins respectées

Les éleveurs de brousse ont pour habitude de négocier beaucoup avec le vétérinaire lors de la vaccination, et de souvent déclarer moins de bêtes qu'ils n'en possèdent. De la même façon, la règle de se présenter au chef est respectée de façon très variable selon les éleveurs, en fonction du temps qu'ils envisagent de passer dans la région et de leur relation au chef, qui s'est construite au fil des ans. De même, le moment où ils décident de se présenter est à l'appréciation de chacun : certains déclarent y aller le premier jour et d'autres au bout de quelques temps. Chacun décide également de la somme qu'il va donner. De petits éleveurs ont déclaré ne jamais rien donner, tandis que d'autres peuvent offrir un bœuf par an. Là encore, cela dépend beaucoup du lien avec le chef, et aussi de l'état du troupeau cette année-là.

Il est rapporté de façon assez commune que les chefs ont une nette tendance à plus favoriser les puissants. Il est assez commun pour celui qui gagne un procès de faire un don au chef pour le remercier de sa clémence. Assez souvent, même, les gens font des cadeaux aussi élevé voire plus importants que la somme qu'ils auraient dû verser comme amende si le chef ne les

avaient protégés : pour avoir les faveurs du chef par la suite, la dépense importe peu. Tout le monde signale que le chef, pour avoir des dons plus élevés soutiendra, toujours les plus riches. Les éleveurs de brousse utilisent ainsi consciemment cette norme de comportement vis-à-vis du chef : ils considèrent eux-mêmes souvent faire de la « corruption ». Comme la plupart du temps ils sont plus riches que les habitants du village, le chef peut les soutenir contre l'intérêt des petits cultivateurs. C'est parfois la raison pour laquelle de nombreux habitants des villages voient d'un mauvais œil la présence des éleveurs dans la région. Ils savent que des dégâts seront occasionnés sur les récoltes, mais ne savent jamais si l'éleveur ne sera pas avantagé dans l'histoire. Bien sûr, il est clair pour tous que même en faisant cette promesse tacite de don ultérieur, la protection du chef n'est pas garantie.

De plus, comme les coupeurs de routes sont nombreux, et qu'ils sont en général impossible à attraper, le chef est parfois démuni pour soutenir quelqu'un qui a eu des problèmes et il ne peut lui apporter qu'une protection de principe. En effet, même les chefs ne sont pas à l'abri des exactions commises et n'ont souvent pas plus de recours que leurs villageois. Pour le lawan de Kolara, il est tout à fait anormal qu'un homme de l'importance sociale de son frère ait pu avoir des soucis avec un berger sans que ce dernier ne soit puni. Lui-même a été victime du vol d'une bête et a pu retrouver son voleur : depuis lors, et bien qu'il ait mené l'homme à la justice, la corruption des fonctionnaires et des autorités coutumières (ici, le laamido) aidant, il n'a pas pu avoir gain de cause. Il affirme que cette situation est très récente et que l'autorité des chefs était beaucoup plus respectée il y a seulement quelques années.

Si l'on attend en général que les éleveurs viennent se présenter même si leur installation est connue, certains chefs envoient des émissaires pour venir collecter des taxes et espionner les campements. En général, quand le chef fait ce genre de démarche, c'est qu'il est très autoritaire et surveille beaucoup la brousse. Souvent, il intervient également dans tous les conflits, en imposant un droit de regard, même pour des affaires entre les campements qui pourraient se régler à l'amiable. Deux chefs seulement dans la région sont réputés pour leur interventionnisme. Les autres laissent plus de latitude aux éleveurs, à la fois par choix et aussi parce qu'ils ne sont pas assez puissants pour se permettre d'envoyer des espions. En général, les éleveurs n'apprécient pas tellement ce genre de comportement car ils n'aiment guère être observés, et savent que si le chef intervient, c'est pour prélever un dû à chaque fois qu'il rend la justice, même pour des

brouilles. Il arrive également que ces chefs ne soient pas non plus en très bons termes avec leur propre population et que les villageois lui mentent pour ne pas payer trop de taxes.

16.1.3 Ni pur intérêt, ni simple norme

Il est frappant de constater des conceptions qui semblent contradictoires chez les éleveurs, en ce qui concerne le fait de se présenter et de faire un don au chef. Les discours sont en effet très divers à ce sujet. Tout au long des entretiens, il est clair que les éleveurs ne respectent pas de façon systématique les différentes habitudes qu'ils présentent comme « normales » : chacun a des habitudes particulières, qui dépendent de sa personnalité, des habitudes de ses amis, de sa richesse. Certains présentent simplement le don comme quelque chose qui se fait, une action presque obligatoire, en stipulant qu'en échange, le chef assure la protection. Or, tout en professant ceci, chacun sait que, dans le contexte actuel, le chef ne peut pas grand-chose pour défendre quelqu'un même s'il le doit et que respecter la règle ne protège pas absolument. Les chefs eux-mêmes signalent que les dons sont de moins en moins fréquents et qu'ils n'ont guère de moyen pour vérifier si les éleveurs sont réellement en règle à leur égard. Ainsi, certains éleveurs ne vont jamais se présenter, car ils veulent rester indépendants et ne rendre de comptes à personne. Ce qui est présenté comme une norme n'en est en fait plus vraiment une, dans une société où les pouvoirs se superposent (entre le coutumier et l'état contemporain) et n'ont guère de moyens pour organiser la vie du groupe tel qu'ils le devraient.

Une autre vision, correspondant à celle de beaucoup d'habitants des villages, est que les éleveurs agissent par intérêt en faisant un don au chef et que cette action est une forme de corruption. Or, on se rend compte que dans de nombreuses situations, même quand ils sont puissants et qu'ils sont sûrs de gagner si leur cas est jugé, les propriétaires et les bergers ont tendance à toujours préférer les arrangements à l'amiable avec les propriétaires des champs endommagés. Un témoin est pris et la discussion se règle localement. Seuls des cas extrêmes les poussent à effectivement aller voir le chef. De plus, dans tous les cas de conflits, des éleveurs qui ont respecté la règle peuvent à l'occasion être très désavantagés si le chef y voit son intérêt. Cette interprétation du don comme un moyen de garantir son intérêt ne semble pas non plus une interprétation suffisante pour expliquer pourquoi certains continuent tandis que d'autres ne le font pas.

Il est donc difficile de comprendre ce don fait au chef simplement en terme de norme ou d'intérêt : on constate que le choix est totalement individuel et varie même, pour un éleveur, d'un village à un autre. On constate que le statut social de l'éleveur peut jouer un rôle, dans la mesure où un homme puissant, étant plus observé, est plus tenu de respecter les règles du groupe. Mais la préférence très nette des éleveurs pour les règlements à l'amiable qui a été constatée fait qu'il reste très délicat d'interpréter les comportements de dons en terme de stratégie ou d'investissement.

16.2 Se rendre visible

16.2.1 Une présence ostensible

Les fréquents aller-retour entre les campements et le village pour s'approvisionner tissent de nombreux liens entre les populations. Aller en ville ne répond pas toujours à un impératif, mais peut avoir pour seule raison la visite à un ami. Souvent, les hommes des campements vont participer à quelques fêtes dans le village, et, plus important, viennent à la prière quand il y a des musulmans dans le village.

En fait, quand les campements sont dans la région, on s'attend à ce que ses membres soient vus de façon régulière en ville. Quand les éleveurs ne viennent pas en ville, leur campement est tout de même vaguement connu de l'ensemble de la population. Sur les marchés, ils ne communiquent parfois qu'entre eux et restent éloignés des autres groupes, mais leur présence est tout à fait ostensible : en particulier, certains arrivent à cheval, formant de grand groupes. En général, les sédentaires qui s'y intéressent savent précisément à quel campement appartient chacun et où ce campement est localisé.

Lors de son premier terrain (durant la saison des pluies de 1996), Mélanie Requier-Desjardins a observé à Mindif la présence permanente des membres d'un campement Alidjam. Chaque jour, les jeunes et les femmes du campement passaient de longues heures au village, ce qui n'était vrai pour aucun autre campement de la région. Elle a appris que ce groupe venait de quitter le Nigeria de façon précipitée. Nouveaux dans la région, les éleveurs sentaient le besoin de se rendre visibles de tous.

Les habitants des villages expriment beaucoup de méfiance à l'égard de qui se cache en

brousse, et soupçonnent derrière cela une volonté quelconque de nuire : même sans être des voleurs, les gens qui ne veulent pas être connus sont en général ceux qui sont prêts à s'enfuir pour ne pas avoir à dédommager un cultivateur pour des dégâts. Une apparition régulière au village durant la saison aide à ce que les habitants se sentent à l'aise et ne se méfient pas. Cette transparence dans les activités, tout comme venir se présenter au chef, sont des attentes qui sont en général exprimées assez directement dans les discours.

Ce climat de confiance est important pour le règlement de la plupart des dégâts : les sédentaires s'intéressent avant tout à ce qu'ils savent déjà de l'éleveur en cause, pour juger du type d'arrangement possible. Si celui-ci est bien connu dans la région et qu'on le sait fiable, ou mieux, s'il a déjà été en contact direct avec le propriétaire du champ ou ses amis, il va être assez facile de régler à l'amiable le problème qui se pose. En général il devient nécessaire de passer devant le chef seulement quand le dégât est trop important ou quand l'une des deux parties a trop peur d'être spoliée. Les arrangements à l'amiable sont bien sûr préférables, dans la mesure où le chef prélève systématiquement un pourcentage des sommes versées lors d'un jugement.

16.2.2 Amitiés et mariages

Aller au marché représente en outre la sortie animée de la semaine, et a donc un intérêt en soi pour des bergers qui restent sinon en brousse. C'est d'ailleurs là-bas que les informations circulent et que des contacts se créent : c'est là que les amitiés se nouent et permettent par la suite des trocs intéressants et des prêts. Dans les campement où il y a un manque de main d'œuvre, il est très difficile d'aller au marché et les bergers s'en plaignent. Souvent, l'un d'entre eux est désigné pour aller au marché, confiant ce jour-là ses bêtes à un autre berger : un roulement s'établit chaque semaine, pour que tout le monde puisse profiter du marché au cours de la saison. La fréquentation régulière des communautés fait qu'apparaissent des liens assez forts. Ces liens sont en général assez officiels et connus de tous, et marquant un engagement plus important, représentent plus que de simples échanges ponctuels.

Les mariages sont relativement fréquents entre des familles des villages et d'habitants de la brousse. Aladji Mana, qui vit en campement à côté de Midjivin, a plusieurs sœurs mariées à des sédentaires, et en particulier une au frère du laamido de Kaele. Puisque l'aide est presque une obligation au sein d'une famille, il se retrouve protégé par ce lien avec un personnage

puissant. Bien qu'il ne soit guère apprécié autour de Midjivin, il n'a aucun problème dans l'arrondissement. Il arrive même parfois que les mariages aient lieu entre les ethnies, comme a Moumour, où une femme peule avait épousé un Giziga du village et s'y était installé pendant quelques années.

Mélanie Requier-Desjardins, lors de ses enquêtes précédentes, avait rencontré les membres d'un campement Shoah qui étaient installés depuis quelques années dans la région. La confiance qui est faite au groupe est très importante, et ils sont même considérés, de façon tacite, comme les responsables de la sécurité dans la brousse. Or, cette situation date pratiquement de leur arrivée, lors de la migration qui leur a fait fuir le Tchad pendant la dernière grande sécheresse. Ce qui explique qu'il aient eu une grande importance si rapidement, est le fait qu'ils étaient déjà « connus » même si personne ne les avaient rencontrés. Le père du chef actuel était venu en transhumance dans la région, 25 ans auparavant, pendant quelques années, et avait épousé une femme du village. Il était ensuite reparti vers le Tchad. Ses héritiers arrivaient en quelque sorte en son nom et ceci a rendu naturel le fait qu'ils soient vite acceptés par la population. D'un certain point de vue, on peut interpréter le comportement du père comme de la prévision : il avait anticipé d'éventuels problèmes et préparé un lieu de repli presque automatique pour sa descendance.

Une autre forme d'échange, qui marque un lien très fort entre un éleveur et un habitant d'un village, et qui est assez commune, est de fournir une éducation aux enfants. Il arrive qu'un jeune garçon aille vivre dans un campement pour quelques temps (cela peut aller d'une saison à plusieurs années). A Moumour, il est ainsi assez commun que les enfants soient confiés, avec quelques bêtes, à un éleveur qui lui apprend à s'occuper des boeufs, pendant toute la saison des pluies. Les enfants ne rentrent qu'occasionnellement au village. Comme dans la région les agressions sont très fréquentes, les parents préfèrent que leurs enfants vivent dans un campement avec des personnes qui connaissent cette vie, quand il faut mener les bêtes loin des champs. En outre, ils savent que les garçons apprendront ainsi la vie de berger, et qu'ils pourront s'en servir plus tard. Tout comme le confiage de bêtes à un berger, cet accord nécessite beaucoup de confiance, car il faut être sûr que les éleveurs s'occuperont bien de l'enfant et lui apprendront de bons principes.

Les signes des amitiés qui durent sur des années peuvent se détecter dans des situations

particulières. Par exemple, un éleveur de Kolara qui a un grand troupeau et a transhumé de nombreuses années est obligé de rester au village maintenant et a confié son troupeau à ses frères qui sont moins expérimentés. Quand un dégât important eut lieu, l'an dernier, ses frères n'ont pas vendu de bête pour le payer car il ne les y avait pas autorisé. Un ami à lui, qui habite à Pouss, a payé le dédommagement pour lui et l'a fait prévenir, pour qu'il évite de se déplacer et de s'inquiéter. Quand il est allé visiter son troupeau, il a remboursé son ami, en qui il avait donc plus confiance qu'en ses frères pour le représenter sur place. Cet ami était un homme du village qu'il avait connu dans la période où il vivait lui-même en brousse.

De façon plus habituelle il arrive que des individus se portent garant pour leur ami, soit devant le chef, soit lors de transaction. Ceci est un signe assez important car le rôle de l'intermédiaire est réellement reconnu : celui qui donne sa parole pour un autre s'engage d'une façon vraiment définitive.

16.3 Conclusion

On a vu ici qu'il était délicat, dans le contexte actuel, d'interpréter le don fait au chef par les éleveurs simplement comme le respect d'une norme (puisque chacun l'interprète à sa façon) ou comme une prévision pour garantir un intérêt (puisque rares sont ceux qui cherchent à faire valoir leur droit). Cet acte normé doit, par contre, être largement visible : il est attendu et observé par l'ensemble du village, au même titre que des signes ostensibles de présence dans le village. En outre, on réalise que ceux qui se sentent obligés de respecter ces comportements n'attendent rien directement en retour. Ils savent que se passer des comportements ostentatoires les privent définitivement de toute confiance et de toute aide de la part des habitants des villages.

La possibilité de jouer ainsi avec la norme met en évidence un important moyen de coercition de la communauté sur les éleveurs qui prend place à travers la réputation. La sanction qui répond à un détournement ostensible des règles est une méfiance générale, qui empêche toute intégration dans le village. Or, par la suite, pour que la présence ne soit jamais remise en cause, il est en effet nécessaire que soient établis des liens visibles et durables avec certaines des personnes du village.

Chapitre 17

Discussion : confiance et contexte

17.1 Créer la confiance et obtenir des garanties

Avoir accès à la ressource pour nourrir les bêtes représente plus que la simple utilisation des pâturages. Pour des personnes qui vivent en brousse dans divers *laamidats* durant l'année, il est tout à fait primordial d'être traité par la justice comme les membres des populations locales et de pouvoir faire des arrangements individuels avec les habitants. Un éleveur est également souvent dépendant de diverses personnes, sur lesquels il doit se reposer, et en particulier des bergers.

C'est pourquoi la confiance est une question si centrale dans le discours des éleveurs nomades, qui ont à la fois besoin de l'inspirer à certains et de la ressentir pour d'autres. Ceci rejoint le point de vue de Gambetta, qui insiste sur cette double dimension de la confiance en économie : on s'assure que l'autre aura confiance, tout autant que l'on cherche des garanties par rapport à cette personne [Gambetta, 1988a].

Tout au long des enquêtes, il a été clair que personne dans la région ne songe à faire confiance à des systèmes de garantie « officiels » ou centralisés. Tous les habitants de la région expriment un grande méfiance à l'égard de leur chef ou des structures de l'état : loin d'assurer une protection, ceux-ci auraient plutôt tendance à participer, à travers diverses exactions, à l'insécurité ressentie. Cette donnée fait qu'en ce moment les habitants se sentent dans une position très instable, et se réfèrent de façon exclusive à des systèmes de garantie plus « coutumiers ».

Ainsi, le lien familial et les différents réseaux d'amitié semblent avoir un rôle tout à fait

central dans un grand nombre d'actions risquées. C'est l'exemple de l'emploi d'un berger salarié qui nous a servi de point de départ pour comprendre comment les individus peuvent se sentir sûrs d'un autre. En plus de l'observation directe d'un individu, les propriétaires prennent en général des renseignements sur lui. Sa réputation transite donc par l'intermédiaire de sa propre famille ou de celle de l'employeur. Par la suite, la famille (qui peut être prise dans un sens assez large, puisque ce sont parfois des cousins lointains) et les amis sont encore sollicités pour aider à la surveillance du berger ou à sa punition éventuelle. Avoir des amis dans la famille de l'homme peut également être un élément fondamental pour qu'il sente une pression et un risque qui lui fasse renoncer à la trahison. Ceci est en cohérence avec les remarques sur l'importance de la communauté pour les africains qui étaient évoqués longuement par Alain Marie [Marie, 1997b].

Avoir ainsi des alliés directs est la première garantie qui permet tout à la fois de déléguer la surveillance de ses intérêts et de savoir qu'on pourra appliquer une sanction en cas de problème. Or il existe un moyen de donner envie aux individus de vous soutenir, qui est d'être soi-même puissant. La richesse et certaines alliances sont des signes : elles expriment un potentiel de puissance et signalent que la personne sait pouvoir se protéger. C'est pour cela que les éleveurs ont tendance à beaucoup montrer leurs relations avec les chefs. Paradoxalement, en exposant sa richesse, on la protège plus qu'on ne la rend vulnérable. S'inscrire dans une histoire locale attire souvent des aides qui n'ont pas été sollicitées, comme des informations importantes que les gens souhaiterons offrir en espérant qu'un don en retour sera fait quand nécessaire.

Les habitants des villages expriment souvent une certaine méfiance à l'égard de certains éleveurs de brousse. Ceux qui ne sont pas soupçonnés sont souvent des éleveurs qui reviennent de façon régulière dans la région, tandis que les nomades purs sont souvent critiqués. Les alliances des personnes qui viennent régulièrement, mais aussi leur régularité dans la venue, signifie en général qu'il sera possible de les retrouver en cas de problème, contrairement à tous ceux qui ne sont que de passage. De plus, les éleveurs qui sont là régulièrement connaissent souvent quelqu'un dans le village : l'importance du rôle de l'intermédiaire permet ainsi de fournir des garants.

Ceux qui vivent de façon régulière en brousse tentent en général de contrecarrer cette méfiance toujours présente en se comportant d'une façon relativement normée. Les discours de la plupart des sédentaires qui s'intéressent aux éleveurs (qu'ils soient chefs ou simples cultivateurs

eux-mêmes) étaient assez clairs à cet égard. Ceci rejoint d'ailleurs le point de vue de Guichard : elle signale que même des comportements d'ignorance ostensible peuvent prendre la dimension de respect d'un jeu social complexe [Guichard, 1998]. Pratiquement l'ensemble des éleveurs de brousse ont une conscience aiguë du fait que le respect des règles est fondamental. Même s'ils manifestent des réticences à l'idée de rendre des comptes à certains des chefs très autoritaires, ils savent que c'est nécessaire pour que la communauté ne puisse avoir prise sur eux. Si on a vu quelques exceptions à cette règle, ce n'était pas par ignorance : le jeune homme qui avait fui a eu peur, et l'éleveur toupouri présentait son comportement d'une façon très provocante. En fait, la large diffusion de la culture nomade dans la région permet à chaque éleveur qui le souhaite de tenter de respecter les règles.

On note aussi qu'en fonction des contextes, les éleveurs peuvent jouer sur plusieurs tableaux à la fois. En se positionnant du côté des plus puissants quand le besoin s'en fait sentir, sans pour autant se lier trop fortement aux chefs, ils peuvent par la suite entretenir des liens avec les populations locales pour faire des arrangements. Ces choix dépendent à la fois de l'appartenance ethnique du chef, de sa volonté d'aider les éleveurs et des relations de confiance que lui-même entretient avec les habitants de son village.

Dans tous les cas, la réputation d'une personne permet en partie de définir le type de lien que l'on peut avoir avec elle, en particulier lors d'un premier contact. Cette réputation est en grande partie établie sur les observations que les individus font les uns des autres. Cependant, plus encore que l'histoire d'un individu, c'est l'histoire du groupe qui importe. Quand la méfiance s'éveille, c'est à l'encontre d'un campement dans son entier, voire de l'ensemble des éleveurs de brousse qu'elle se dirige. Ceci rejoint l'idée que les mécanismes auxquels les gens se réfèrent pour être en confiance sont principalement basés sur des réseaux sociaux, et que sa reproduction repose en fait sur un mélange incluant la familiarité créée par un individu à travers son comportement et ses liens, son appartenance à un groupe, et le contexte dans lequel le groupe se trouve pris.

17.2 La confiance comme angle d'approche de la réalité vécue

17.2.1 Légitimité de la différenciation « trust » et « confidence » ?

Le rôle très important du rapport interindividuel dans l'établissement de la confiance est parfois discuté. On a vu en particulier qu'il existe une différenciation entre la notion de « trust » pour la confiance interpersonnelle, et de « confidence », croyance dans les institutions [Giddens, 1987].

Certains, comme Giddens et Luhman ont tendance à accentuer la différence entre ces deux notions. Ils estiment en effet qu'il y a une véritable évolution historique qui, faisant passer les sociétés de traditionnelles à modernes, transforme la confiance pour les individus. Dans les sociétés modernes, la confiance interpersonnelle aurait tendance à disparaître et être remplacée par la « confidence » dans des institutions stables. Les membres des sociétés modernes, dans leurs actions, s'appuient plutôt sur des routines (rendues possibles par des institutions fortes) que sur la reproduction permanente des mécanismes de confiance [Luhmann, 1988]. La confiance qui lie les gens dans leurs rapports individuels peut donc disparaître [Giddens, 1987].

Suivant cette analyse, la société des indiens Teopiscan [Aguilar, 1984] serait certainement qualifiée par Giddens de « non moderne », considérant le manque d'institutions stables. Toujours selon cette analyse, on pourrait dire que les éleveurs peuls se situent dans des rapports totalement non modernes à la confiance. Auprès des éleveurs, j'ai en effet été frappée par la référence perpétuelle qui est faite à la confiance, et le fait qu'une grande partie des activités quotidiennes s'organisent autour de cette préoccupation. Les individus s'attachent à recueillir de nombreux indices sur les autres. De plus, ils reproduisent consciemment leurs liens pour affermir les cadres dans lesquels les indices utilisés restent valables.

La différenciation nette que Giddens établit entre les deux types de confiance, en les hiérarchisant selon un processus historique, n'est cependant pas si définitive qu'il le postule. En effet, cette interprétation semble remise en cause par de nombreux phénomènes observables dans nos sociétés.

Ainsi, il est possible d'identifier l'omniprésence de la confiance interpersonnelle, dans des contextes qui représentent la modernité même. Pour aller à l'encontre de ce modèle historique, Billette met en avant l'importance des liens personnels dans les relations entre de grandes

firmer en Amérique du Nord [Billette, 1999], ou encore les situations où la réputation influe sur le choix d'avocat [Mangematin, 1999]. Il est assez commun de voir intervenir, au milieu de relations fondées sur des échanges utilitaristes, des comportements de dons qui visent à fidéliser une clientèle, même entre banquiers.

On voit également, dans les états « modernes », que l'ensemble des populations marginalisées doivent survivre au milieu d'institutions auxquelles elles n'ont pas accès. La réponse passe alors par la renaissance des réseaux de solidarité et d'aide dans les grandes villes françaises, assimilables à des relations de don-contre-don.

On peut d'ailleurs juger de l'importance des liens personnels dans les pays industrialisés par le grand nombre d'études qui leur sont consacrées. En économie, il s'agit d'étudier la forme qu'elles prennent, au sein de réseaux renouvelés sans cesse [Uzzi, 1996], [Uzzi, 1997]. En sociologie, un journal est consacré de façon plus générale à l'analyse des réseaux sociaux « primaires » (les « liens primaires », représentant la relation où une rencontre personnelle a déjà eu lieu [Cooley, 1909]), sont considérés comme cruciaux pour comprendre les dynamiques sociales [Freeman, 1996], [Freeman, 1992]. L'attention portée à l'entretien de réseaux personnels n'a pas disparu des sociétés industrielles.

17.2.2 Perception de l'institution et action

On peut se demander si ce n'est pas la notion même « d'institution » telle que l'utilise Giddens qui peut être à discuter. En effet, dans la définition que j'ai choisie dans ce texte, les institutions sont les ensembles des règles appliquées par les individus. Or, suivant ce sens, il semble assez difficile de nier la grande stabilité des institutions des sociétés traditionnelles, même si elles ne se traduisent pas en des organisations centralisées. Les cadres traditionnels, qu'ils soient des ordres hiérarchiques, un système de castes ou une religion, sont en effet particulièrement aptes à prendre en charge les incertitudes des individus, à assurer des garanties, voire à assurer des aides quand ils sont dans le besoin. Leur permanence en font en effet des éléments autour desquels toute la vie quotidienne peut s'organiser (par exemple, on pourrait se référer à Louis Dumont [Dumont, 1979]). La plupart de ces institutions, justement, ne peuvent fonctionner que parce que tout le monde a une grande confiance en elles. Par exemple, comme on a vu, la seule garantie pour que fonctionne une économie du don est que tous croient en la

réciprocité du don [Godbout, 1994].

Si on recherche un point commun (autre que de ne pas appartenir à une société industrialisée) entre la société décrite par d'Aguilar et la communauté des éleveurs que nous avons rencontrés, il semble qu'on puisse le reconnaître dans le fait que la société vit une importante période d'instabilité politique et judiciaire.

La communauté des Teopiscans baigne dans une ambiance de délation et d'abus policiers très oppressante. Il n'existe de plus aucun système de garantie et les institutions officielles ne sont pas à même d'apporter un quelconque soutien. C'est pour cela, précise l'auteur, que les individus qui souffrent de cette ambiance de « mistrust » et d'incertitude, portent une attention toute particulière à la mise en place de relations privilégiées avec d'autres personnes. Ils utilisent alors divers mécanismes, et principalement des dons, qui leur permettent de créer et renouveler en permanence des dettes morales. Ils considèrent avoir ainsi des personnes sur qui compter.

Dans les enquêtes, on a pu reconnaître que la confiance et la méfiance étaient omniprésents dans les discours. La sensation d'insécurité aiguë qui s'exprimait ainsi était souvent présentée par les individus comme une anomalie historique : le chef de Kolara a connu une époque où son autorité était respectée, et où le système de sanction était relativement fiable. Le vol et l'agression par les coupeurs de route, ainsi que les problèmes de corruption, sont deux facteurs sans cesse mentionnés. Ce « climat » de méfiance, rend chacune des actions avec les autres pleine de sens et impose à chacun de se construire consciemment un univers plus sécurisé en marge des institutions qu'il voit défaillantes. Pour cela, les gens se reposent sur des systèmes habituels de vie sociale au Sahel, la création d'une communauté qui leur permet de se sentir un peu plus protégés. C'est pourquoi ils marquent leur allégeance et entretiennent des amitiés, en évitant de donner prise à la critique.

En fait, la question de la confiance ne se pose de façon consciente que dans la mesure où des risques sont perceptibles. Le « climat » est à l'insécurité, lorsque il apparaît que les garanties fournies par les institutions sont faibles. Or la confiance est ce qui se situe dans les interstices des garanties et de la sanction, c'est-à-dire là où les institutions peuvent être dépassées. Si ces institutions sont perçues comme inadéquates, il est normal que les individus leur en substituent d'autres, en recréant des espaces parallèles de fonctionnement.

L'intérêt d'observer les mécanismes de confiance est alors que ceux-ci permettent de perce-

voir quelles sont les institutions auxquelles les personnes se réfèrent réellement, face à celle qu'ils estiment défaillante. De toute façon, les relations de confiance interpersonnelle ne se construisent que dans la mesure où les individus ont confiance dans certaines institutions, comme la réciprocité, et se construisent une représentation de l'autre par rapport à des attentes. Au Cameroun, tout le monde connaît les institutions officielles, mais comme dans le contexte actuel, aucune aide ne peut en venir, elles sont oubliées et les institutions prennent une forme principalement communautaire.

La référence à certains mécanismes plutôt qu'à d'autres est un signe, et une cause, de la diversité des institutions, selon Michel de Certeau [de Certeau, 1981]. La croyance, pour celui-ci, est un phénomène purement social, qui se construit sans cesse en référence aux autres, comme « répondant » de la réalité. Cette référence est vite circulaire et tautologique, et ne trouve pas de fin car il n'existe pas d'assurance totale (c'est-à-dire pas de risque nul dans une relation). Les institutions sont alors les « autorités » nécessaires qui légitiment une croyance possédée par un grand nombre de personnes et la transforment en un élément vraisemblable de l'univers auquel tous vont alors se référer.

L'analyse des discours autour de la confiance semble un bon moyen de saisir, à un instant donné dans un groupe, les systèmes de garantie auxquels les individus croient, sans en nier la complexité. On constate en général la mise en avant de certains processus de façon privilégiée, mais plutôt que de conclure à une caractérisation du groupe en terme de moderne ou non-moderne, cela permet plutôt de faire la part entre les discours officiels et la réalité des institutions telles qu'elles sont vécues au quotidien.

Quatrième partie

Simulations multi-agents et échanges

non-marchands

(Modélisation de la réputation dans

un groupe)

Chapitre 18

Description du modèle

A la suite du travail de terrain, il est apparu que les processus sociaux avaient été sous-estimés dans la création du premier modèle. La société n'était représentée dans ces agents artificiels que par l'existence de règles strictes de comportement : ainsi, les transhumants savaient entrer en contact d'une façon normée avec les sédentaires et interpréter leur réponse. La perception du groupe en tant que tel et la possibilité de comparer les agents se basaient sur des critères qui étaient totalement individuels. Les agents ne pouvaient avoir que des interprétations des actions qu'ils avaient eux mêmes vécues. Or le travail de terrain montre que les interactions, même si elles sont purement individuelles, sont observées par chacun, et qu'elles prennent donc un sens collectif. Pour ajouter cette dimension, il a semblé nécessaire de concevoir les échanges sous un angle plus social. La réputation s'est révélée un élément essentiel pour donner un sens social aux actions des individus. Si l'attention que les individus y portent n'était pas prise en compte, de nombreux comportements que j'ai observés chez les éleveurs restaient difficiles à comprendre. Plus généralement, de nombreux théoriciens, comme on l'a vu au chapitre 4, la considèrent comme essentielle dans la construction d'une relation de confiance pour des échanges. Martin O'Connor et moi-même avons donc engagé un travail sur ce sujet, qui a conduit à la création du modèle Réputation.

18.1 Cadre théorique

On définit ici la réputation d'un agent comme la mémoire collective à son propos. Il semblait intéressant d'observer comment celle-ci peut être engendrée à partir d'un acte d'échange et de sa répétition, observées par l'ensemble du groupe. Pour mettre en avant les processus qui engendrent cette réputation, nous nous sommes inspirés des sociétés où celle-ci est fondamentale, et entre autres des entretiens du terrain. Le premier point est le fait que l'apparition de la réputation est liée à des actes ostentatoires de la part des individus, et en particulier des actes qui n'ont d'autre but que de la créer. Souvent, elle s'organise autour des actes non-marchands. C'est donc à partir de certains principes à la base des pratiques du don que nous avons élaboré le système multi-agent décrit ici.

Dans un système de ce type, la valeur d'un membre ne repose pas sur sa capacité à posséder mais au contraire à donner. On désigne par « réputation », l'image que le groupe se forge en fonction des dons réalisés.

Deux aspects sont essentiels pour décrire les échanges dans ce cadre :

- faire des dons est un acte obligatoire dans le groupe.
- les actes de chaque membre du groupe sont observés par tous.

Mon travail de DEA traitait des échanges de dons et contre-don individualisés (inspirés du système du Potlatch), qui généraient des dettes entre les agents. J'avais à cette occasion principalement étudié les liens de dépendance, qui permettaient de définir une hiérarchie entre les agents [Rouchier, 1996]. Ici, plutôt que de nous intéresser aux liens créés par le don, comme j'ai pu le faire lors de mon DEA [Rouchier, 1996], nous nous sommes penchés sur les mécanismes qui font que l'observation par le groupe peut fournir une évaluation. L'obligation du don pour tous les agents provoque une circulation importante de biens qui garantit à chacun un retour. Les individus ne s'intéressent pas nécessairement à savoir à qui le don est fait mais à participer à ce système¹. L'entretien du système du don fait qu'il existe des dons qui visent uniquement à l'intégration des agents et cette circulation de biens (on les appelle ici les « dons de partage »).

¹Plus exactement, il existe parfois des groupes - en général des lignages - qui définissent, dans la société, à qui chacun est autorisé à donner, et à qui il n'est pas possible de donner. Le don reste dans ce groupe, mais peut toucher indifféremment chacun, puisque c'est l'acte qui importe. Ici, il n'y a qu'un seul groupe.

Il existe également des dons effectués dans le but de se rendre prestigieux aux yeux des autres, en marquant bien son désintérêt pour les biens matériels (et que l'on désigne ici par « dons de prestige »). En effet, comme Boas le signale dans le cas du potlatch, c'est parfois la capacité à dilapider qui permet d'établir le rang d'un individu dans une société [Boas, 1966].

Lorsqu'un individu est jaugé, et que sa réputation se met en place, on considère ainsi sa capacité à agir comme les autres (faire des dons), mais aussi le type d'échanges dans lequel il est impliqué. Faire ou recevoir un don pour partager ses biens montre le degré d'intégration dans la dynamique de redistribution sociale. Faire un don important à des individus prestigieux exprime la volonté de se démarquer et donne à l'individu la sensation qu'il est capable d'être intégré à ce système. La réception d'un don de prestige montre que celui qui le reçoit mérite d'être pris comme référence pour ces dons : cette reconnaissance du prestige le renforce. En général, le prestige est difficile à acquérir, et il implique forcément une bonne intégration dans le système d'échange.

A travers la circulation des dons se définit donc la position respective de chacun. Par contre, l'ensemble de la population n'est pas nécessairement reconnue comme apte à en faire : certains dons ne sont pas recevables ². A priori, plus un agent est intégré dans une dynamique de don, plus le groupe lui reconnaît le droit de partager ou de faire un don de prestige. Au contraire un individu qui ne donne pas ni ne reçoit est considéré comme en dehors d'un jeu d'échange et ses dons ne sont pas forcément reconnus comme ayant une valeur. Chaque individu est donc limité par l'évaluation qu'il fait de sa capacité à donner (qui sera en partie influencée par le regard du groupe) : avoir une bonne estime de soi donne cette sensation d'être capable.

De plus, chacun possède une tendance personnelle qui le pousse plutôt vers le prestige ou vers une bonne intégration au groupe. En général, la motivation éprouvée par un individu dépend de son passé et de ce que sa position dans le groupe peut lui laisser espérer. Cette tendance à s'intégrer dans un système d'échange ou un autre peut donc parfois être conditionnée par la position dans le groupe.

Ces différentes caractéristiques nous semblaient essentielles à la construction d'un système du don, à sa reproduction et à l'apparition en son sein d'une structure sociale.

²Par exemple un individu très mal intégré ne pourra pas faire un don pour devenir prestigieux directement à un individu de très haut rang.

18.2 Objectifs

Les résultats du travail de terrain semblent indiquer que faire des dons permet de se créer une image, qui engendre un contexte favorable à l'ensemble des actions. Inversement, on a constaté que chacun n'a pas la même obligation de participer aux échanges en fonction de sa position sociale. Le système des dons structure donc de façon assez nette l'ensemble des comportements, et est en cela révélateur d'un certain ordre social, tout autant qu'il engendre cet ordre par le mécanisme de la réputation. Il devrait donc être envisageable de faire apparaître une hiérarchie qui s'entretient, à partir d'un système de dons : c'est l'hypothèse que nous souhaitons tester en réalisant un système multi-agent et en effectuant des simulations dans la société artificielle élaborée.

Définir une hiérarchie, dans ce cadre revient à chercher une structure dans un groupe, où certains agents ont des rôles par rapport aux actions qui sont menées par l'ensemble. Dans le projet EOS de Jim Doran, qui décrit une société de cueilleurs, il est possible d'identifier la position de chef de groupe, car les autres agents lui demandent directement s'ils peuvent s'associer avec lui [Doran, 1994], [Doran & Palmer, 1995]. Certains agents restent alors de façon constante dans la position de chef et conduisent plusieurs groupes successivement. Certains groupes sont même absorbés par d'autres et les hiérarchies s'emboîtent alors. Dans la description du potlatch qui avait été faite, la société était découpée en deux grandes classes : ceux qui étaient endettés et ceux qui avaient des débiteurs : le classement des agents en fonction de leur nombre de débiteurs permettait dans certains cas d'observer des structures stables dans le groupe [Rouchier, 1996].

Ici, c'est en observant la réputation obtenue par les agents, à la fois en termes de prestige et de partage, et l'évolution de ces éléments dans le temps, que nous souhaitons qualifier l'ordre qui apparaîtra dans la société. Par l'analyse de la répartition de la réputation et de l'influence des différences de valeurs et de processus de choix des agents, on peut appréhender le fonctionnement de la représentation du groupe défini. De façon plus précise, nous sommes principalement intéressés par l'influence que peut avoir une hétérogénéité des agents en ce qui concerne leurs critères de choix. Au-delà de constater l'effet de la fixation d'une hétérogénéité en répartissant les agents en deux sous-groupes, un autre processus intéressant à analyser est la création de cette différenciation par l'utilisation de boucles de rétroaction. On peut alors

s'interroger sur la complexité supplémentaire atteignable en transformant les agents sur la base de l'ordre qui s'établit. C'est l'apparition d'une structure du groupe en terme d'image collective, à partir d'une définition individuelle minimale qui nous a donc intéressés ici.

18.3 Le modèle

On a ici une population de 50 agents. Il existe deux formes de réputation, le prestige et l'intégration. Chaque agent est caractérisé par sa motivation à obtenir du prestige ou à être connu pour sa bonne intégration. Chacun est également caractérisé par son estime. Cette estime est ici conçue comme un paramètre social. Elle détermine la possibilité de l'agent à participer à la dynamique d'échange, du point de vue du groupe : on considère ceci comme « l'acceptabilité » pour le groupe d'un don fait par cet agent ³.

Les agents consomment une quantité d'argent minimale qui est la même pour tous. Deux moyens permettent d'obtenir l'argent qui est ensuite consommé : soit le travail, soit la réception de dons. L'agent travaille s'il en a besoin pour pouvoir faire des dons et consommer. Il répartit tout l'argent qu'il possède en consommant et en faisant un don et ne conserve rien pour lui-même. Il reçoit éventuellement des dons des autres, ce qui lui donne de l'argent pour la suite.

Deux formes de dons existent :

- Le don de partage est effectué auprès de ceux qui ont un rang inférieur. Pour faire un don de partage, on divise ses biens en deux, en consommant la moitié et en donnant le reste. La valeur minimale du don de partage est celle de la consommation personnelle, qui est fixée. Par le travail, on obtient exactement les biens nécessaires pour pouvoir consommer et faire un don de partage.
- Le don de prestige est effectué auprès de ceux qui ont un rang supérieur ou égal dans le groupe. Le don de prestige est d'un montant strictement supérieur à sa consommation. Comme on veut signifier que le don de prestige est difficile à faire, on considère qu'un agent qui devrait travailler pour faire un don de prestige ne peut pas le faire, et doit se

³Ce point est principalement important pour définir l'évolution de la compétence d'un pas de temps sur l'autre, que l'on verra ultérieurement : c'est l'histoire de la « réussite » de l'agent selon les critères du modèle qui la détermine.

contenter d'un don de partage : une conséquence de ceci est que pour pouvoir faire un don de prestige, il faut avoir reçu des dons au tour précédent.

Chaque type de don, quand il est reçu ou donné apporte des points pour la réputation : un don de partage donne des points d'intégration ; un don de prestige donne des points de prestige. C'est l'ensemble des points obtenus durant les 25 pas de simulation précédents qui déterminent la réputation des agents dans chacun des domaines. En effet, on pose à 25 pas de simulation la durée de la mémoire des agents et de l'univers.

Pour effectuer un don qui sera recevable par le groupe, il faut avoir une estime assez importante. A chaque début de tour, l'agent est motivé pour effectuer un certain don, mais il lui faut également avoir une estime suffisante pour se sentir autorisé à le faire : il fait donc un test impliquant son estime et le hasard. Elle peut également évoluer à chaque tour, et dans ce cas elle se définit par rapport à la reconnaissance d'appartenance au groupe : ici, elle augmente si un don a été fait ou reçu et diminue sinon.

La motivation d'un agent est ce qui lui permet de faire son choix pour un don de partage ou de prestige. Elle détermine son ambition personnelle à obtenir préférentiellement des points de prestige ou d'intégration. Elle peut évoluer et dans ce cas les agents ont tendance à être plus motivés par la réputation qu'ils ont réussi à acquérir antérieurement.

18.4 Agents et déroulement du tour

L'univers contient une population d'agents, qui constituent un groupe unique, et qui se font des dons les uns aux autres (fig. 18-1, fig. 18-2). Durant un pas de simulation, les agents et le groupe agissent (fig. 18-3).

Par définition dans le système, la motivation au partage et la motivation au prestige existent relativement l'un à l'autre :

$$\text{motivation au partage} + \text{motivation au prestige} = 10$$

et :

l'estime vaut entre 2 et 8

FIG. 18-1: Définition de l'univers.

FIG. 18-2: Deux classes d'agents et une classe d'objets dans l'univers.

FIG. 18-3: Le déroulement d'un pas de temps.

Le test de motivation est une comparaison des motivations pour chaque action, pondérées du hasard (fig. 18-4).

Le test d'estime est le tirage au hasard d'un nombre entre 0 et 1 et le calcul du nombre :

$$\text{TEST} = \text{Estime} - (\text{Nb}^2 * 10)^4$$

- Si le résultat est positif, le test est réussi.
- Si le résultat est négatif, le test est raté (fig. 18-4).

Un agent ne peut pas faire de don de prestige à un tour où il ne possède pas assez d'argent pour cela, même si son estime lui permet. Comme on a vu, s'il doit travailler pour faire un don, il ne peut que partager. Par contre, un don de partage est dans tous les cas possible à réaliser (fig. 18-5).

Comme la motivation au prestige et l'estime sont les deux critères qui, avec le hasard, permettent de construire le choix de l'agent à chaque tour, lorsqu'ils seront considérés tous les deux ensemble par la suite, ils seront désignés comme les « critères de choix » de l'agent.

C'est le groupe qui contrôle la répartition des dons dans la population. Une fois que tous les agents ont décidé du type de don et du montant du don qu'ils allaient faire, le groupe décide de façon aléatoire par qui ce don va être reçu :

- Un don de prestige est donné à un agent plus prestigieux que celui qui fait le don, ou à un des deux qui sont juste un peu moins prestigieux.
- Un don de partage est donné à un agent moins prestigieux que celui qui fait le don, ou à un des deux qui sont juste un peu plus prestigieux.

Les agents reçoivent les montants des dons qui leur ont été attribués.

Recevoir des dons et faire un don sont donc les critères pris en compte pour définir la réputation (fig.18-6). L'agent qui a fait le plus grand don de partage, le plus partageur du tour, est considéré comme bien intégré, et reçoit donc un point supplémentaire de réputation d'intégration.

⁴Cette méthode a été choisie pour effectuer un tirage au sort légèrement favorable à l'agent en termes de hasard, en s'inspirant d'un tirage pour une fonction normale.

FIG. 18-4: Choix de la stratégie pour un agent.

Les réputations sont exprimées en nombre de points, qui est la somme de tous les points de réputation gagnés sur 25 pas de simulation. Pour établir les rangs, les agents sont classés en fonction du nombre de points de réputation de prestige qu'ils ont ainsi accumulés : l'agent avec le plus de points de réputation prestige est premier et celui avec la plus basse est dernier.

Pour calculer la nouvelle estime, on considère que :

- l'estime augmente de 0.1 si l'agent a fait un don.
- l'estime diminue de 0.2 si l'agent ne reçoit aucun don.

Et, à la fin d'un tour, la motivation est déterminée par la formule :

$$(\text{motivation prestige} / \text{motivation partage}) = (\text{constante de changement de la motivation}) * (\text{réputation prestige} / \text{réputation partage})^5$$

⁵Un paramètre a été ajoutée dans le calcul parce que la réputation de prestige est en moyenne de valeur très inférieure à la réputation d'intégration

FIG. 18-5: Travail éventuel pour un agent.

FIG. 18-6: Bilan des réputations par le groupe.

Chapitre 19

Définition des simulations

Plusieurs types de simulations ont été menés. Une première partie sera présentée afin de bien faire connaître le fonctionnement du système au cours du temps : l'univers dans celle-ci contient des agents qui ont tous les mêmes processus de choix. Cela permet de se rendre compte du type de société qu'il est possible d'obtenir de la façon la plus simple avec notre modèle. Ensuite, des simulations où les agents n'ont pas la même estime ni la même motivation, afin de juger de l'importance de ces caractéristiques pour la position individuelle dans le groupe, et l'histoire de agents. Enfin, des simulations ont été effectuées, où les agents sont influencés en retour par les résultats globaux.

A travers ces simulations nous avons cherché principalement à observer des structures régulières dans le temps.

19.1 Différentes simulations

19.1.1 Les simulations de référence

L'univers contient 50 agents. A l'initialisation, tous les agents sont dotés du même nombre de points de réputation de prestige ou de points de réputation de partage. L'estime est équivalente pour tous, ainsi que la motivation¹. C'est sur la base de ces simulations que les modifications

¹Les choix qui sont présentés ici pour l'initialisation ont été effectués grâce aux résultats de simulations préliminaires, qui ont permis de trouver les valeurs pour lesquelles il existe le plus d'équilibres différents et observables selon nos critères.

ont ensuite été effectuées dans les caractéristiques des simulations. La plupart des simulations durent 1000 pas de simulation. Il sera précisé lorsqu'elles durent plus longtemps.

Agent
motivation partage = motivation prestige = 5
réputation partage = réputation prestige = 25
estime = 5
rang = aléatoire
bourse = 0

Univers
nombre d'agents = 50
nombre de groupe = 1
consommation minimale = 25
argent obtenu par le travail = 50
rapport du don de prestige par rapport au don de partage = 3

19.1.2 Simulations à processus de choix hétérogènes

Les intérêts des agents se définissent par leur motivation, leur capacité à faire un don à un tour par leur estime et ces deux paramètres définissent donc le processus de choix de chaque agent. Dans les simulations de base, tous ont les mêmes critères de choix, qui sont stables tout au long de la simulation. Ici, on a séparé dans la société les agents en deux groupes, et dans chacun ces critères sont différentes. On peut à la fois s'interroger sur les différentes valeurs de motivation et d'estime à poser pour obtenir des résultats intéressants. On peut aussi observer l'influence de la taille respectives des groupes.

Ces simulations visent à comprendre combien les caractères individuels des agents peuvent influencer sur la dynamique. On souhaite également comprendre quelle importance un sous-groupe doit avoir, et comment il doit se démarquer du groupe, pour que certaines situations puissent apparaître, pour que son existence soit remarquable.

Simulations « deux motivations »

Il existe deux groupes d'agents : des agents indifférents au prestige, et d'autres uniquement motivés par le prestige. La taille de chaque groupe est posée au départ, tous ont la même estime.

Simulations « deux estimes »

Il existe deux groupes d'agents : des agents dont l'estime est très basse, d'autres dont elle est maximale. La taille de chaque groupe est posée au départ, tous ont la même motivation pour le prestige.

19.1.3 Simulations à processus de choix évoluant

Dans certaines simulations, les agents voient leurs caractéristiques évoluer dans le temps, du fait de la mise en place de boucles de renforcement. Cela permet de faire apparaître la dimension sociale des attributs des agents, que ce soit l'estime ou la motivation pour le prestige. C'est en fonction de la situation dans le groupe, tout autant qu'en fonction des résultats du tour précédent que ces attributs évoluent.

Faire évoluer les attributs de l'agent qui lui permettent de faire des choix était ici une façon de voir

Simulations « estime variable »

Tous les agents ont une motivation identique et la même estime au départ. L'estime évolue au cours du temps selon le processus présenté (page 246).

Simulations « motivation variable »

Tous les agents ont une estime identique et la même motivation. La motivation évolue au cours du temps selon le processus présenté, en tenant compte de la constante de changement de motivation (que l'on fixe au début) (page 246).

19.1.4 Les paramètres fixés pour chaque simulation

Type de simulation	Motivation au prestige	Estime	Chapitre
« de référence »	Identique pour toute la population et fixe, entre 0 et 10	Identique et fixe pour toute la population entre 2 et 8	21
« deux motivations »	Deux groupes d'agents fixés au départ : ceux dont la motivation au prestige est de 10 et ceux qui ont la motivation choisie	Identique et fixe pour toute la population entre 2 et 8	22
« deux estimates »	Identique pour toute la population et fixe, entre 0 et 10	Deux groupes d'agents fixés au départ : ceux dont l'estime est de 8 et ceux qui ont une estime basse	22
motivation variable	La définition de la motivation se fait à chaque tour en fonction de la relation entre réputation de prestige et partage du tour précédent	Identique et fixe pour toute la population entre 2 et 8	23
estime variable	Identique pour toute la population et fixe, entre 0 et 10	Les compétences des agents évoluent à chaque pas de temps selon la règle indiquée (réalisation et réception de dons)	23

Type de simulation	Paramètres posés au départ
« de référence »	estime, motivation
« deux motivations »	estime, taille du groupe visant au prestige (de 0 à 50), motivation des autres
« deux estimes »	taille du groupe d'agents à haute estime (de 0 à 50), estime des autres, motivation
motivation variable	estime, paramètre d'évolution de la motivation
estime variable	estime initiale, motivation

19.2 Observation des simulations

Dans ces simulations, l'observation se porte principalement sur les différenciations qui peuvent apparaître entre les agents en terme de réputation, et donc la régularité des rangs. Ensuite, nous intéressent également les histoires des agents, et les remises en cause de certaines situations établies. On observe donc les résultats à plusieurs niveaux :

19.2.1 Individuel

- L'évolution de la réputation de l'agent, de son rang, de ses motivations relatives, de son estime.
- Le nombre de dons faits sur les 25 pas de simulation : un don fait par un agent signifie que la stratégie a été choisie, que son estime l'a rendu acceptable et qu'il possédait suffisamment d'argent pour le réaliser.
- Le nombre de dons reçus sur les 25 pas de simulation : quand un agent reçoit un don, cela signifie qu'il se situait dans la partie de la population adéquate :
 - s'il a reçu un don de prestige, c'est qu'il avait un rang supérieur à l'agent émetteur.
 - s'il a reçu un don de partage, c'est qu'il avait un rang inférieur ou égal à celui de l'émetteur.

On estime qu'un agent n'a pas de motivation particulière pour le prestige tant que l'on a la situation :

$$\text{Motivation prestige} \leq \text{motivation partage}$$

On parlera alors d'un agent « tenté par le prestige » si sa motivation au prestige vaut au moins 6 et d'un agent « indifférent au prestige » si cette motivation vaut moins de 5.

Comme l'estime est une donnée à la fois sociale et individuelle qui détermine la réussite dans les tentatives de faire des dons acceptables pour le groupe, un agent qui est tel que $\text{Estime} \geq 5$ peut être dit « sûr de lui ».

19.2.2 Global

- La répartition des agents en fonction de leur prestige et de leur partage. La quantité d'agents pour chaque réputation donnée.
- Une représentation des couples (réputation de prestige ; réputation d'intégration) pour obtenir une relation entre les deux valeurs.
- Le nombre de dons de chaque catégorie qui sont faits à chaque tour.
- « L'efficacité du système » : $\text{points de réputation obtenus} / 100$ ²

19.2.3 Explication des paramètres d'observation

Comme on se situe ici dans un système basé sur des échanges, on considérera en général que le fonctionnement est « bon » si un grand nombre de dons circulent entre les agents. C'est pourquoi on observe le type de dons émis et leur quantité. En effet, par définition, il est plus difficile de faire un don de prestige que de partage, puisqu'il est nécessaire qu'un agent ait reçu des dons au tour précédent pour pouvoir en effectuer un.

En moyenne la répartition en dons de partage et de prestige est assez stable sur la durée d'une simulation, mais varie d'un tour à l'autre puisqu'elle dépend tout à la fois :

Au tour précédent :

- Du nombre d'agents qui n'ont pas fait de don au tour précédent
- De la répartition des dons faits entre dons de prestige et dons de partage,
- De la répartition des dons qui est aléatoire entre les agents qui peuvent être concernés par un don, ces trois facteurs déterminant le nombre d'agents qui ne peuvent pas faire de

²100 est le nombre de points qui pourraient être générés au total si l'on considère que les agents doivent pouvoir tous obtenir une moyenne de deux points de réputation par tour

don de prestige.

A ce tour :

- Du choix de chaque agent en ce qui concerne le type de don,
- De leur capacité à effectuer des dons (estime et argent suffisant).

C'est pour cela que le nombre de dons de prestige effectués à chaque tour est toujours assez bas, mais que leur nombre peut en conséquence être un bon indicateur d'un « bon fonctionnement » du système.

On étudie également la réception des dons pour chacun des agents. Dans le système, la répartition des dons se fait de façon aléatoire. Par conséquent, si un agent reçoit un nombre de dons de prestige nettement supérieur à la moyenne, cela signifie qu'il avait un rang plus élevé qu'un grand nombre d'agents et que sa réputation de prestige a donc été élevée durant toute la période. Au contraire, si le nombre de dons de partage a été très important, cela signifie qu'il était dans une position où il pouvait recevoir de nombreux dons de partage, et donc avait une réputation de prestige très basse.

Dans notre système, il n'est pas possible pour un agent d'avoir en même temps une haute réputation de prestige et d'intégration³. Une haute réputation de prestige signifie que l'agent a fait un grand nombre de dons de prestige et surtout a reçu un grand nombre de ces dons durant les 25 derniers tours. Il en est de même de la réputation d'intégration avec les dons de partage. Un agent qui a une haute réputation de prestige (et donc un haut rang) ne peut recevoir de dons de partage de presque aucun agent. Il a donc une chance plus grande de voir sa réputation de prestige augmenter que celle d'intégration et ne peut faire augmenter beaucoup sa réputation d'intégration que si sa réputation de prestige diminue par rapport à celle des autres agents.

C'est pourquoi il est intéressant, pour comprendre comment la société est structurée, d'observer la répartition des agents les uns par rapport aux autres en termes de réputation, et aussi de chercher la relation entre la réputation de prestige et celle de partage pour l'ensemble des agents.

³Ce point peut se discuter par rapport à la théorie du don : il existe beaucoup d'exemples de sociétés réelles où les individus avec un haut prestige sont également ceux qui sont le plus tenus de faire des dons de partage.

Les simulations ont été observées sur 1000 ou 2000 pas de simulation. Pour l'ensemble des simulations, j'ai procédé à des observations directes de tous les paramètres décrits pour plus de dix cas. Pour certaines, des comparaisons de critères ont été faits pour des séries de 50 simulations, afin d'obtenir des moyennes. A part pour quelques exceptions qui seront signalées, il y avait une grande stabilité de comportement dans les histoires en fonction des paramètres initiaux.

Chapitre 20

Les simulations de référence

Ici, l'estime et la motivation au prestige sont fixes et la population est homogène. On s'intéresse à observer une éventuelle stabilité ou au contraire une évolution dans la façon dont les dons se répartissent, comment les biens circulent et si une différenciation apparaît entre les agents.

20.1 Les dons et la réputation

A chaque tour, le nombre de dons qui circulent est à peu près équivalent. On peut observer que la répartition en dons dépend beaucoup de l'estime de la population. Ainsi, pour une motivation au prestige de 5, il faut une estime d'au moins 6 pour que les agents fassent un nombre important de dons (fig. 20-1).

On peut également noter que le type de dons qui circulent dépend directement de la motivation des agents quand l'estime est fixée. Ainsi, pour une estime de 6, on a à chaque tour presque 45 dons qui sont effectués, (fig. 20-2).

20.2 Le rang et son évolution

Cette logique de répartition et son caractère circulaire pourraient faire penser que la société se stabiliserait avec des groupes d'agents qui seraient en permanence avec un très haut rang, et d'autres qui resteraient avec un rang très bas. En fait, cette donnée est très influencée par le

FIG. 20-1: Nombre de dons de partage et de prestige en moyenne à chaque tour de simulation, en fonction de l'estime des agents. Le saut quantitatif que l'on constate induit une différence qualitative, passant d'une société sans don à une société très active.

type de motivation qui est fixée dans la population. Trois cas de figures apparaissent.

20.2.1 Sociétés homogènes à grande variabilité

Ici on suppose que les agents ont une motivation pour le prestige qui vaut 5, c'est-à-dire qu'ils choisissent une fois sur deux la stratégie de partage et celle de prestige. L'estime vaut 5 dans les premiers résultats décrits.

A un instant donné, l'écart maximum entre les agents en ce qui concerne la réputation de prestige vaut moins de 30 : le groupe dans son entier est assez homogène. La moyenne des réputations de prestige ne varie pas beaucoup au cours du temps.

On constate alors que le rang de chaque agent évolue énormément au cours de la simulation. Au cours du temps, chacun a, à un tour, une réputation de partage ou de prestige très basse, puis très haute les deux n'étant pas corrélées entre elles. Il n'y a aucune stabilité dans les rangs des agents, et tous passent régulièrement des premiers rangs aux derniers rangs, changeant plus de dix fois pour 1000 pas de simulation (fig. 20-3).

FIG. 20-2: Nombre de dons de partage et de prestige qui circulent en moyenne à un pas de simulation, pour une simulation où l'estime des agents est 6. Dans la plupart des simulations, il circule plus de dons de partage que de dons de prestige dans le groupe. Quand la motivation pour le prestige est au-delà de 9, la situation s'inverse.

FIG. 20-3: Evolution du rang de deux agents dont les résultats sont représentatifs sur 1000 pas. Non seulement la position dans le groupe n'est pas stable, mais en plus c'est entre des rangs extrêmes que les agents évoluent.

Cette variabilité est due au fait que le nombre de dons de prestige est assez bas (fig. 20-1). Il n'est donc pas facile pour un agent d'accumuler la réputation de prestige.

Si on fait augmenter l'estime, plus de dons circulent, mais la répartition entre dons de prestige et dons de partage reste à peu près identique. Les deux types de réputation augmentent en moyenne mais la population reste très regroupée pour ce critère. Aucun agent ne se différencie des autres d'une façon remarquable au niveau du rang, qui varie sans cesse. De même, tous les agents reçoivent à peu près autant de dons de prestige et de dons de partage, ce qui indique qu'aucun d'entre eux n'occupe une place à haut rang ou à bas rang pendant la durée de 25 pas de simulation.

Si on fait diminuer l'estime, presque aucun don ne circule. Toutes les réputations sont très basses (fig. 20-4). Là encore les rangs varient très vite et sans qu'un agent ne se différencie d'une quelconque façon.

FIG. 20-4: Relation entre les réputations de prestige et de partage des agents quand l'estime est basse. On n'identifie pas de groupe en termes de réputation.

20.2.2 Apparition d'une élite peu stable

Si la motivation pour le prestige vaut entre 6 et 9, les agents sont plus souvent tentés de faire de dons de prestige. Si l'estime vaut 5, à chaque pas de simulation, une partie de la population se distingue du reste de la population par les caractéristiques de sa réputation (fig. 21-8).

Ces agents sont au nombre de 3 à 5. Ils possèdent une réputation prestige nettement supérieure à celle des autres, tandis que leur réputation intégration est nettement inférieure. Comme cette partie de la population se caractérise par son haut rang, on la désignera par la suite par le terme « d'élite ».

Les agents qui ont le plus haut rang ne sont jamais les mêmes tout du long de la simulation, mais si les positions évoluent au cours du temps, cette évolution prend un temps long (plus de 100 pas de simulation) (fig.21-8).

On voit ainsi plusieurs agents qui ont une réputation de prestige basse par rapport aux autres (40ième) augmenter lentement leur prestige jusqu'à atteindre le groupe qui se sépare. En général ils prennent alors la place d'autres agents qui étaient dans l'élite, et perdent à cette

FIG. 20-5: La réputation de partage par rapport à celle de prestige pour l'ensemble du groupe, pour une estime de 8 et une motivation de 5. Un groupe se détache, caractérisé par la haute réputation de prestige et la basse réputation de partage de ses membres.

FIG. 20-6: Rang de deux agents sur 1000 pas de temps. Pour changer de rang de façon radicale, il faut plus de 100 pas de temps.

FIG. 20-7: Réputation de partage en fonction de celle de prestige pour l'ensemble du groupe. Une élite de 2 se distingue, et un groupe homogène reste avec peu de prestige. Un groupe intermédiaire est constitué de ceux qui passent de l'un des groupes à l'autre et peut compter jusqu'à 8 agents.

occasion leur réputation de prestige jusqu'à tomber dans les derniers rangs. Dans les périodes où quelques agents sont en train de changer de statut, le groupe d'élite se distingue moins du reste de la société : le groupe des agents en situation intermédiaire fait qu'il y a une continuité (fig.20-7).

Ici, un critère nous aide à réellement identifier une élite stable : c'est la répartition des dons de prestige reçus. Sur les schémas de répartition des dons reçus, les agents sont classés par ordre de rang croissant (rang 1 ayant la plus haute réputation de prestige) et on associe à chacun le nombre de dons qu'il a reçu pendant les 25 pas de simulation précédant l'observation. Dans le schéma (fig. 20-8), on voit une élite très stable (pour une motivation au prestige 5 et une estime de 8), tandis qu'elle se différencie moins dans le suivant (fig. 20-9) (motivation au prestige de 9), où la réception des dons est un peu plus répartie dans la population.

En effet, quand l'élite se distingue clairement et est stable, moins de 5 agents monopolisent la réception de 50% des dons de prestige. Un agent qui reçoit tant de dons sur 25 pas de simulation

FIG. 20-8: Cette répartition des dons de prestige dans le groupe montre une situation stable où le groupe de tête reste sur une longue période à la tête et reçoit presque tous les dons.

est nécessairement resté dans l'élite pendant toute cette période et en est donc réellement un membre.

On peut de la même façon observer, dans les simulations, la répartition des dons de partage. Cet élément donne une indication sur la stabilité des rangs les plus bas et la mobilité des agents. Avoir peu de dons de partage pour un agent qui a pourtant un rang assez bas signifie qu'il a été mieux classé pendant les 25 derniers pas de simulation.

Observer la répartition des dons permet ainsi de faire la différence entre deux formes d'élite :

- une situation où une élite est réellement distincte du reste du groupe, et est parfois renouvelée,
- une situation où les réputations sont si variables que les agents passent d'un haut rang à un très bas en très peu de temps.

Si on fait varier l'estime dans ces sociétés, on constate que plus elle est haute, dans ces sociétés où la motivation est au prestige, et plus l'élite est stable. Quand l'estime est à 8, un

FIG. 20-9: Nombre de dons de prestige reçus dans les 25 derniers pas de temps. Certains agents sont dans les derniers rangs au tour où la valeur est mesurée, alors que le nombre de dons de prestige qu'ils ont reçus est plus élevé que celui des agents proches en rang. Cela indique que dans les 25 derniers pas de temps ils ont eu un rang prestigieux et montre la grande instabilité de la situation.

FIG. 20-10: Nombre de dons de partage reçus dans une population homogène (motivation pour le prestige de 8 et compétence de 5). On repère les agents ayant eu un haut rang dans les 25 derniers pas de temps au fait qu'ils ont reçu beaucoup moins de dons de partage que les autres.

FIG. 20-11: Nombre de dons de partage reçus sur les 25 derniers pas de temps. Les agents qui sont au plus haut rang ne sont pas ceux qui en ont reçu le moins, ce qui indique qu'ils sont à ce rang depuis peu de temps.

agent reste dans l'élite au moins 500 pas de simulation. Les positions évoluent au cours du temps. Chaque agent oscille entre une place dans les cinq premiers (par rang de prestige) et une place dans les dix derniers, mais il peut rester très longtemps dans les 5 premiers.

Si l'estime est en dessous de 5, le nombre de dons de prestige devient insuffisant pour créer une élite vraiment séparée qui accumule la réputation prestige. On voit une mobilité perpétuelle pour de nombreux agents qui possèdent successivement une réputation de prestige importante puis faible. La différenciation en deux groupes devient plus difficile à faire car les agents qui changent de statut créent une catégorie intermédiaire.

De plus, même quand cette élite se différencie nettement du reste de la population, elle n'est pas très stable. Le renouvellement de l'élite est rapide : les agents vont, à certaines occasions, ne pas être capables d'y rester plus de cinquante tours. En outre, la moyenne de la réputation de prestige dans l'ensemble de la population chute, ainsi que celle d'intégration. On conclut que la différenciation ne peut se mettre en place quand les agents ne sont pas capables d'effectuer la plupart des dons qu'ils souhaitent.

20.2.3 Une instabilité due à trop de motivation pour le prestige

Si la motivation pour le prestige est totale pour tous les agents (elle vaut 10), la différenciation nette que l'on avait obtenue s'estompe, car la mobilité devient très importante. La population intermédiaire d'agents qui passe d'un rang bas à un rang élevé est très nombreuse tout au long de la simulation. Il y a une continuité de réputation entre eux et les membres de l'élite, et il est moins aisé de différencier les agents à par le nombre de dons reçus. Même si un petit groupe d'agents possède une réputation bien plus haute que les autres,

Si on fait diminuer l'estime, la mobilité diminue là aussi, et on réussit à identifier une élite, à un instant donné. Cependant, les agents ne sont jamais installés dans une situation et sont en permanence en train de gagner ou de perdre des places dans le groupe. Cette évolution se fait simplement plus lentement si l'estime est basse.

20.3 Formes de sociétés : critères différenciants et typologie

On distingue dans ces simulations trois types de société, en fonction des conditions initiales :

- soit les agents sont très homogènes en ce qui concerne la réputation de prestige,
- soit un groupe se distingue nettement du reste de la population, que l'on appelle l'élite,
- soit l'élite apparaît ainsi qu'un groupe intermédiaire d'agents en train de changer de position dans le groupe (entrer dans l'élite ou en sortir).

La société se caractérisera alors par :

- l'écart de réputation de prestige qui sépare l'élite des autres agents : parfois, des agents qui ont un rang élevé stable mais qui sont peu éloignés du reste du groupe ne sont même pas considérés comme une élite.
- la vitesse de renouvellement de cette élite, c'est-à-dire la durée où un agent reste en général dans ce groupe.

	Estime ≥ 6	Estime ≤ 5
Motivation prestige ≤ 5	Pas d'élite, mais des réputations de prestige et de partage assez hautes qui varient. Des dons qui circulent en permanence.	Peu de dons, des réputations très basses pour les deux critères
6 \leq Motivation prestige ≤ 9	Existence d'une élite bien différenciée, qui est assez stable	Différenciation d'une élite renouvelée très fréquemment
Motivation prestige = 10	Continuité entre des agents très prestigieux et un groupe sans prestige	Petite différenciation d'une élite très peu stable

C'est principalement la motivation qui va influencer l'apparition d'un type de société ou d'un autre. Si la motivation pour le prestige est trop basse, la population est homogène en ce qui concerne la réputation de prestige même si des dons circulent dans le groupe. Une élite apparaît si cette motivation augmente un peu, et elle peut être très stable. Si la motivation augmente encore, la mobilité augmente et les agents qui changent de statut en viennent à constituer un groupe très important qui relie l'élite au reste de la population et l'élite n'est plus du tout stable.

L'estime semble plutôt être une variable limitante mais qui ne participe pas forcément à la création d'une dynamique. En effet, un minimum d'estime est nécessaire pour que les choix des agents puissent être réalisés et donc pour qu'une différenciation se mette en place. Ainsi, lorsque l'estime diminue, tous les échanges ralentissent et certains phénomènes se retrouvent figés. Il semble que dans tous les cas, 6 soit la valeur minimale d'estime pour que la société vive et que la dynamique ne s'effondre pas.

Dans les sociétés où l'estime des agents est trop faible et où donc très peu de dons circulent, quelle que soit la motivation des agents, aucune réputation ne se construit. On appelle « société figée » ce type de configuration.

Si les agents sont peu motivés par le prestige, la plupart des dons qui circulent sont des dons de partage et la forme de la société n'évolue guère avec l'augmentation ou la diminution de l'estime. On appelle une société de ce type une « société de partage ».

Si tous les agents veulent du prestige et ont l'estime suffisante pour faire les dons qu'ils souhaitent, alors aucune élite ne peut se stabiliser, car les agents de haut rang sont sans cesse remis en cause et il n'apparaît pas de différenciation à long terme dans les réputations. Comme ces simulations se caractérisent par le grand nombre de dons de prestige qui y circulent, on les désigne par le terme « d'enthousiasme généralisé ».

On peut observer :

- Dans certaines circonstances, l'apparition d'une élite d'environ 4 agents, plus ou moins éloignée du reste de la population. Les agents qui la constituent possèdent une beaucoup plus haute réputation au prestige que les autres, et leur position semble sécurisée par le fait que les dons de prestige sont dirigés principalement vers eux.
- Cette élite est toujours changeante, et cette instabilité dépend tout à la fois de l'estime et de la motivation de la population.
- La mobilité des agents entre l'élite et le reste du groupe fait apparaître un groupe intermédiaire d'agents en train d'atteindre l'élite ou d'en partir. La taille de ce groupe augmente avec l'instabilité et rend parfois délicat la différenciation de l'élite. Par la suite, on appellera ce groupe constitué des agents en train de passer ou partir de l'élite, le groupe « de passage ».

Nous avons eu tendance à considérer qu'une situation qui évolue en moins de 50 pas de simulation n'est pas stable. Les échelles de temps peuvent en effet être très importantes dans ces simulations, et certaines différenciations ne sont pas identifiables avant plusieurs centaines de pas de simulation (comme on le verra plus tard).

Chapitre 21

Simulations à populations hétérogènes fixées

Dans les simulations dont les résultats sont décrits ici, deux populations d'agents sont définies dans le groupe, qui se caractérisent par des différences dans les attributs à la base des processus de choix : soit on trouve deux valeurs différentes de motivation pour le prestige dans les groupes, soit il y a deux valeurs pour l'estime. Pour chacune des simulations, on s'intéresse à trouver ce que cette hétérogénéité apporte en terme de dynamique dans la répartition de la réputation de prestige, et son évolution. Une fois fixées les deux valeurs présentes dans la société, c'est particulièrement l'influence du nombre d'agents dans chaque groupe qui nous intéresse.

21.1 Des motivations différentes

La première population est constituée de « candidats au prestige », qui sont tous des agents intéressés uniquement à obtenir une réputation de prestige (et donc dont la motivation vaut 10). La seconde est composée d'agents « indifférents au prestige », dont la motivation au prestige est plus basse. Ils ont tous la même estime. Les résultats décrits sont ceux de simulations où les agents ont une estime fixe de 8. Cette valeur nous permet de supposer que la chance peut à l'occasion limiter les possibilités des agents, sans pour autant rendre la société trop figée en faisant que trop peu de dons peuvent circuler. Aucun de ces caractères ne varie dans le temps.

21.1.1 Choix de l'écart de motivation significatif

Avant de voir l'importance du nombre d'agents motivés par le prestige dans le groupe, nous avons choisi de fixer la motivation au prestige des agents de base. Pour cela, nous avons étudié des populations où seulement quelques agents sont candidats au prestige tandis que l'on fait varier la motivation des autres. Ici on a mis 3 agents candidats qui souhaitent avoir une haute réputation de prestige.

Les agents candidats au prestige se différencient dans le groupe dans la mesure où ils sont toujours dans les premiers rangs de la société. Ils se situent en effet toujours dans les huit premières places.

La forme de la société est par contre assez différente selon la motivation moyenne, et cela influence également la place des trois candidats au prestige. Si la motivation au prestige des agents de base est inférieure à 5, l'élite est très clairement différenciée, et sa réputation reste à peu près stable et haute au cours du temps.

Dès que la motivation des agents de base se rapproche de celle des candidats au prestige, et en particulier quand elle vaut plus de 8, ces agents ne se différencient plus si nettement. Une élite se différencie toujours clairement mais ils ne sont pas forcément les trois premiers du groupe. Leur statut peut varier au cours du temps, et tous les autres agents se retrouvent à l'occasion parmi l'élite. La situation est plus ou moins analogue aux simulations où une population homogène est très motivée par le prestige.

On réalise ici que l'étude d'une population particulièrement motivée par le prestige n'est intéressante (ne fait apparaître de nouveaux résultats) que dans la mesure où il y a un écart suffisant de motivation avec le reste du groupe. Dans les simulations, pour avoir un écart intéressant à observer, on a choisi de fixer à 5 la motivation au prestige des agents peu motivés par le prestige, tandis que celle des autres est posée à 10. L'estime de tous vaut 8.

Pour pouvoir comparer ces situations à celles déjà rencontrées, on peut se souvenir que dans les simulations où toute la population est homogène, d'estime 8 :

- si la motivation pour le prestige est de 10, on observe un « enthousiasme généralisé » : il est difficile de faire la différence entre des populations : une élite existe, mais elle est peu stable, et l'ensemble des agents qui sont en train de s'en approcher ou d'en partir

constitue un groupe assez homogène.

- si la motivation pour le prestige est de 5, il existe trois groupes distincts, dont une élite stable tandis que d'autres agents sont dans une phase d'ascension ou de descente de cette élite qui n'est pas trop rapide.

21.1.2 Une élite d'indifférents au prestige entraînés par les autres

Si on place un seul agent qui cherche le prestige dans un groupe où tous les autres agents sont indifférents, on peut observer deux configurations. Parfois, la situation qui se met en place est exactement analogue à celle des simulations où aucun agent n'est motivé par le prestige (et il n'y a alors ni différenciation par le rang, ni stabilité dans la société). Sinon, il arrive qu'une élite de 3 agents apparaisse de façon nette et se sépare du reste du groupe, mais elle n'est pas du tout stable. De façon assez surprenante, l'agent qui recherche le prestige n'y appartient pas toujours. Sa réputation de prestige reste en général plus basse que celle des autres agents qui constituent le petit groupe à haut prestige, et il peut même parfois être cinquième ou sixième par ordre de rang (fig. 21-1).

On peut délimiter un second groupe d'élite selon un autre critère. On voit en effet apparaître un groupe, constitué des huit premiers agents qui se différencie par un nombre beaucoup plus élevé de dons de prestige reçus que les autres agents. Ce groupe est constitué des agents de l'élite et ceux qui sont en phase d'ascension ou de descente dans le classement social. En effet, les agents de l'élite (hormis l'agent à motivation prestige), ne restent pas plus de 50 pas de simulation à cette position de haut prestige et sont remplacés par d'autres. Environ la moitié des agents ont ainsi occupé une position stable de 50 pas de simulation dans les 8 premiers rangs.

L'agent motivé par le prestige n'a jamais le plus haut rang. Par contre il reste de façon stable dans une position très haute tandis que les autres ne font que changer de statut.

La situation est la même quand on place deux ou trois agents qui souhaitent le prestige dans une société (fig.21-2). Une petite élite de 3 à 6 membres se distingue ainsi qu'un groupe intermédiaire, les huit premiers agents recevant un grand nombre de dons en permanence. Le groupe de tête est très instable et remplacé sans cesse. Seuls les agents motivés par le prestige restent dans une position de haut rang, même s'ils n'appartiennent pas forcément à l'élite la

FIG. 21-1: Réputation de partage par rapport à celle de prestige pour l'ensemble du groupe. Le seul agent qui a une motivation au prestige élevée (et qui est signalé par un point carré) n'est pas celui qui a la plus haute réputation de prestige dans le groupe.

plus visible, mais simplement au groupe qui en est proche.

21.1.3 Une élite visible et stable si une majorité sont encore peu motivés par le prestige

Si au moins 4 agents (mais moins de 20) sont motivés par le prestige, les deux groupes d'élite que l'on a identifié précédemment, sont de plus en plus différenciés du reste du groupe. Les deux groupes sont constitués d'agents qui ont une plus haute réputation de prestige que les autres, et qui sont tous des agents candidats au prestige. Ils se différencient par le fait que certains sont installés de façon permanente dans cette élite, tandis que les autres ont une réputation qui varie sans cesse. Les deux groupes réunis représentent toujours moins de huit agents, dont moins de cinq sont de façon permanente dans l'élite (fig. 21-3), (fig. 21-4).

Le second groupe est principalement (mais pas exclusivement) constitué d'agents dont la motivation pour le prestige est maximale. Ceux-ci effectuent en permanence des dons pour les agents de l'élite et aident ainsi à l'entretien de leur réputation de prestige. Ces candidats au

FIG. 21-2: Réputation de partage en fonction de la réputation de prestige pour l'ensemble des agents, alors que peu d'entre eux sont motivés par le prestige. Des agents peu motivés peuvent également appartenir à l'élite, mais de façon très ponctuelle (contrairement aux candidats au prestige). Comme ils font eux-mêmes peu de dons de prestige, on peut penser qu'ils sont « entraînés » par les dons reçus des autres.

FIG. 21-3: Réputation de partage en fonction de la réputation de prestige quand dix agents sont motivés par le prestige. Trois agents se détachent de façon presque permanente, et cinq autres sont dans une position intermédiaire.

FIG. 21-4: Evolution du rang de deux agents candidats au prestige sur 1000 pas de temps dans une simulation où dix agents sont candidats au prestige. L'un appartient à l'élite de façon très stable, tandis que l'autre ne parvient jamais à y pénétrer.

FIG. 21-5: Dons de prestige reçus sur 25 pas de temps quand dix agents sont candidats au prestige. Dans cette période, cinq agents se sont nettement distingué des autres.

prestige ne restent que quelques pas de simulation dans ce petit groupe, et leur réputation chute régulièrement. On peut considérer cependant qu'il s'agit véritablement d'un groupe distinct en observant les dons reçus (fig. 21-5), (fig. 21-6).

Aucun candidat au prestige ne reste longtemps avec un rang très bas, et sa réputation remonte rapidement (fig. 21-4). Par contre, une fois que l'élite de 3 est constituée, il est très rare que l'un des agents soit remplacé par l'un de ces candidats au prestige. Si cela arrive, l'ancien membre de l'élite remplace l'autre agent et se retrouve lui aussi pris dans une dynamique où sa réputation chute et remonte successivement.

Si le nombre d'agents candidats au prestige n'est pas trop élevé (inférieur à 15), on retrouve systématiquement des agents indifférents au prestige dans le second groupe, recevant beaucoup de dons de prestige. Ils ne restent pas dans cette position pour une très longue période, mais souvent, un autre agent peu motivé par le prestige se retrouve peu de temps après à un haut rang. Ici encore, dans une dynamique où il n'y a pas trop d'agents motivés par le prestige, il est possible que des agents qui ne s'en préoccupent pas, se retrouvent avec un meilleur rang que d'autres qui cherchent le prestige. Dans ce cas, on peut toujours cependant distinguer, en

FIG. 21-6: Répartition des dons de partage sur 25 pas de temps : onze agents du groupe de tête n'est reçoivent pas. Ceci montre deux choses : que ceux-ci sont restés proche de l'élite pendant ce laps de temps et que les premiers agents font très peu de dons de partage (ceux en dessous ne sont jamais touchés).

FIG. 21-7: L'évolution des rangs de deux agents : l'un motivé par le prestige et l'autre qui y est indifférent. Plus qu'une moyenne de rang qui serait inférieure à celle de l'indifférent, le candidats au prestige se différencie par une courbe qui tend vers les premiers rangs tandis que l'autre tend vers les derniers.

observant la courbe, l'histoire des rangs d'un candidat au prestige qui ne parvient pas à rester dans l'élite, de celle d'un indifférent (fig. 21-7).

La variation d'estime n'a que peu d'impact pour cette dynamique.

21.1.4 Instabilité quand une population importante est motivée par le prestige

Lorsque le nombre d'agents motivés par le prestige augmente (au-delà de 20), il continue à y avoir une élite séparée du groupe de tête, mais sa stabilité diminue. Le second groupe, constitué de ceux qui reçoivent beaucoup de dons mais n'accèdent pas à l'élite, devient plus important, moins différencié de l'élite et ne présente plus de stabilité : les agents y sont remplacés en moins de 50 pas de simulation. Il est assez fréquent qu'un agent pénètre dans l'élite pour prendre la place d'un des trois agents qui la constituent (plus de 20 fois sur une simulation de 1000 pas de simulation). Il est très rare qu'un agent peu motivé pour le prestige puisse obtenir une

FIG. 21-8: Répartition des dons de prestige reçus sur 25 pas de temps en fonction du rang. Les agents qui reçoivent le plus de dons sont toujours des agents motivés par le prestige.

réputation élevée.

Les dynamiques de ces sociétés sont très proches de celles où tous les agents sont motivés exclusivement par le prestige. De la même façon que si la population est homogène en termes de motivation pour le prestige et que celle-ci est haute, la diminution de l'estime permet de figer légèrement la mobilité. La circulation des agents entre un rang haut et un rang bas est un peu plus long mais l'élite n'est jamais totalement stable. La différence est l'implication qui existe dans le partage : contrairement aux simulations où tous sont motivés par le prestige, les agents de rang inférieur continuent ici à avoir une haute réputation d'intégration. Plus le nombre de candidats au prestige augmente et moins le partage est présent dans le groupe .

21.2 Des estimes différentes

La population est séparée en deux groupes d'estimes différentes tandis que tous les agents ont la même motivation pour le prestige : certains sont très sûrs d'eux (une estime maximale de 8), tandis que les autres sont peu sûrs d'eux. Pour les simulations que nous présentons ici,

nous avons choisi de poser la motivation pour le prestige des agents à 8, afin d'être dans une situation qui permet que de nombreux dons de prestige circulent. C'est tout à la fois l'écart entre les estimations choisies pour définir les agents et le nombre d'agents dans chaque groupe qui est important ici.

21.2.1 Choisir l'écart d'estime significatif

On effectue le test avec une population de 10 agents qui ont une estimation maximale, pour déterminer celle que l'on attribue aux autres.

Estime des agents peu sûrs d'eux	Forme de la société
< 4	Deux groupes dissociés sans rang stable dans chacun - Le groupe de réputation élevée est constitué précisément des agents à estimation élevée.
>= 5	Apparition d'une élite plus mélangée et variable.

Pour la suite nous souhaitons observer une différence entre les agents, en faisant varier le nombre des agents sûrs de d'une minorité à une majorité. Comme la valeur de 4 pour les agents à basse estimation est significative pour les cas où 10 agents ont une estimation de 8, c'est celle-ci qui a été conservée.

Pour pouvoir comparer ces situations à celles déjà rencontrées, on peut se souvenir que dans les simulations où toute la population est homogène, de motivation pour le prestige de 8 :

- si l'estimation est de 8, il existe une élite bien dissociée relativement stable avec quelques changements occasionnels qui font qu'apparaît parfois un groupe intermédiaire d'agents qui passent d'une haute réputation de prestige à une réputation moyenne.
- si l'estimation est de 4, une petite élite se détache, qui ne parvient pas à se maintenir de façon stable, car trop peu de dons circulent.

21.2.2 Les rares agents de haute estimation constituent une élite stable

Si la motivation au prestige vaut 8, et que moins de 10 agents ont une très haute estimation, une élite de 3 à 5 agents très différenciée apparaît (fig. 21-9). Elle est moins stable si peu d'agents

FIG. 21-9: Répartition des réputations des agents quand le groupe est divisé en deux populations à estime différente avec motivation de 8. Les agents peu sûrs deux ne pénètrent jamais dans l'élite mais peuvent à l'occasion être mieux placés que des agents très sûrs d'eux.

sont sûrs d'eux car trop peu de dons circulent alors pour entretenir leur réputation. Dans cette élite, il y a les agents de haute estime mais également toujours des agents de basse estime. Les agents sûrs d'eux sont les seuls à rester de façon stable dans cette élite, tandis que les autres voient leur réputation chuter puis remonter en permanence au cours du temps. Inversement, il y a presque tout le temps un agent de haute estime qui a un rang bas. Il y a une grande stabilité pour les agents « sûrs d'eux » quand ils se situent dans le groupe de tête. On différencie ainsi l'histoire des agents à la fois en terme de rang, par le fait que les agents à haute estime sont ceux qui font le plus de dons et ceux qui sont de la façon la plus stable dans l'élite.

On peut observer des variations dans les résultats quand la motivation pour le prestige varie :

- si elle augmente (valant 9 ou 10), la forme de société obtenue reste la même, devenant légèrement plus stable (les agents compétents forment une élite totalement stable qui n'est jamais remise en cause, pendant que les autres agents sont tous très instables en ce qui concerne le rang).

FIG. 21-10: Réputations de prestige et de partage pour des agents dont la motivation pour le prestige vaut 5. Les agents à haute estime ne sont pas les seuls dans l'élite.

- si elle diminue (valant 4 ou moins), la société devient une société de partage
- si elle vaut de 5 à 7, on constate l'intégration dans l'élite d'une partie des agents à basse estime, mais elle est très peu stable (de l'ordre de 10 pas de simulation). En fait, les agents de haute estime ne sont plus exclusivement ceux qui constituent l'élite, mais entraînent les agents à basse estime vers l'élite (fig. 21-10). A la limite même ils n'appartiennent plus à l'élite et forment un second groupe. Cependant, les agents à basse estime ne se maintiennent pas dans l'élite car ils ne s'y trouvent que du fait des dons de prestige reçus.

21.2.3 Un groupe important d'agents à haute estime rend difficile l'observation de l'hétérogénéité

Si plus de dix agents ont une haute estime, toujours avec une motivation de 8, la simulation se déroule d'une façon comparable à des situations où les agents ont une estime homogène. Une élite stable de 3 à 5 agents, dans laquelle les agents restent plusieurs centaines de pas de simulation. Elle est suivie par un groupe de passage, très souvent renouvelé, de 3 à 5 agents qui tentent d'y pénétrer et y parviennent parfois. Les agents à basse estime n'appartiennent jamais

FIG. 21-11: Le rang de deux agents sur 1000 pas de temps : un agent sûr de lui et un à basse estime. Il n'y a pas de différence visible dans la forme des courbes, seule la moyenne des rangs des agents à haute estime permet de les différencier des autres.

à l'élite, mais peuvent très occasionnellement avoir un rang inférieur à 10 pendant quelques pas de simulation. il n'y a pas d'agents à basse estime, mais on en trouve toujours un dans le second groupe.

Ici, il est possible de différencier seulement de façon globale les deux groupes créés au départ, en comparant la moyenne des dons de prestige reçus et la moyenne du rang au cours du temps selon l'estime. Par contre, seuls des agents qui restent de façon stables dans l'élite ont une histoire du rang dont la courbe se différencie des autres : pour tous ceux qui ne sont pas dans l'élite, les courbes sont analogues (fig. 21-11).

21.3 Apport de l'hétérogénéité

Pour une motivation au prestige des agents de base = 5 et une estime de 8 :

Moins de 3 candidats au prestige	4 \leq candidats au prestige \leq 15	Plus de 16 candidats au prestige
Elite constituée par les candidats au prestige et un agent de base « entraîné », qui est sans cesse remplacé	Deux groupes se distinguent par le nombre de dons et contiennent quelques agents de base. Une élite de 3 se distingue qui est presque parfaitement stable.	Elite de trois qui est remplacée régulièrement. Continuité de réputation pour tous les autres et variation de rang permanente.

En introduisant un groupe peu important d'agents très motivés par le prestige, on a vu apparaître une élite très stable, et un nouveau groupe d'élite intermédiaire. Ce groupe intermédiaire est composé en très grande majorité, mais pas exclusivement, d'agents motivés par le prestige. Sa taille et l'instabilité en terme de rang augmentent avec le nombre d'agents motivés par le prestige.

Les agents qui le composent :

- reçoivent un grand nombre de dons,
- leur réputation et leur rang varient énormément,
- il est rare que l'un d'eux puisse accéder à l'élite et comme sa taille est stable, si l'un d'entre eux pénètre dans ce groupe, un agent qui y était en est chassé.

Par la suite, on nommera ce groupe l'ensemble des « arrivistes » : ceux-ci veulent avoir un haut rang, agissent dans ce sens, mais ne parviennent pas à atteindre ce qu'ils souhaitent, c'est-à-dire à pénétrer dans l'élite. Ce groupe intermédiaire se différencie grandement du groupe « de passage » que l'on remarque dans les simulations où les agents sont homogènes, et qui apparaît également ici.

Un autre phénomène intéressant est la présence dans les premiers rangs d'agents qui ne sont pas particulièrement intéressés par le prestige : ils profitent, tant que les candidats au prestige ne sont pas trop nombreux, des multiples dons de prestige qui circulent sous l'influence de ces derniers.

La présence d'une population peu importante motivée par le prestige provoque donc trois phénomènes qui fonctionnent de façon concomitante :

- la grande stabilité de l'élite,
- l'apparition d'un nouveau groupe d'élite intermédiaire,
- l'intégration dans un groupe de rang élevé de certains agents qui ne s'intéressent pas au prestige.

Pour les sociétés où deux populations se différencient par l'estime des agents, il faut un écart assez important d'estime. Les différentes configurations qui apparaissent ne se différencient des simulations où tous les agents sont identiques que dans la mesure où très peu d'agents sont compétents, et dans ce cas, on voit une stabilité importante de l'élite. Là aussi, un nouveau type de groupe intermédiaire apparaît. Parfois, il n'existe pas d'élite stable (comme définie précédemment) : les quelques agents les plus compétents ne sont pas aux plus hauts rangs car le prestige ne les motive pas suffisamment. Par contre, leur grande stabilité dans les 5 à 8ième rang et le fait qu'ils font un minimum de dons de prestige leur permet de faire monter aux plus hauts rangs un petit groupe d'agents peu compétents.

Là encore, on assiste à des situations où des agents profitent des actions des autres, c'est-à-dire en recevant les dons que les agents compétents et motivés par le prestige font. En effet, les agents à plus basse estime sont parfois intégrés dans l'élite à haute réputation. Cette situation apparaît, si l'écart d'estime n'est pas trop important, ou s'il il y a peu d'agents très « sûrs d'eux » dans le groupe.

Dans les simulations du chapitre précédent, on avait mis en avant le fait qu'une estime et une motivation pour le prestige minimales étaient nécessaires pour que le système fonctionne (des dons circulent et des réputations se créent) et on avait identifié certaines situations où les rangs atteignaient une grande stabilité. Ici on a étudié l'impact d'une hétérogénéité figée dans la population, où certains agents posséderaient les caractéristiques pour faire fonctionner le système tandis que d'autres ne les auraient pas.

Outre l'apparition d'un groupe intermédiaire stable qui apparaît dans les deux simulations, on peut noter des points communs et différences :

- les simulations où le groupe d'agents qui ont les capacités de faire fonctionner très bien le système est trop important sont difficiles à différencier globalement des simulations où

tous les agents ont de bonnes caractéristiques : il faut en général que ces agents soient en minorité (souvent moins de 10, parfois moins de 20) pour obtenir une situation nouvelle.

- (en corrolaire) la stabilité d'un agent dans l'élite n'existe que si celui-ci peut faire des dons de prestige mais également en recevoir en un nombre suffisant.
- dans certaines configurations, un très petit nombre d'agents qui se distinguent par leur estime peuvent créer une élite qu'ils constituent seuls ; à l'inverse un très petit nombre d'agents qui se distinguent par leur motivation créeront une dynamique où ils intégreront de nombreux agents indifférents. Avoir une estime très différente permet dans une certaine mesure aux agents d'avoir une histoire plus individuelle, différenciation que ne permet pas une motivation différente.

Le principal résultat obtenu dans l'ensemble de ces expériences est qu'on ne peut établir un rapport direct, dans la plupart des cas, entre les critères de choix de l'agent et son rang au cours du temps. Pour un agent, avoir une motivation pour le prestige importante ou une haute estime de soi influence souvent la réputation de prestige, mais n'est pas suffisant pour anticiper sa valeur : l'histoire de l'agent est très dépendante du contexte et des choix que les autres agents vont également mettre en oeuvre dans l'ensemble.

Chapitre 22

Simulations où les critères de choix des agents évoluent

L'étude de l'hétérogénéité nous a permis de mettre en avant certaines dynamiques qui émergent dans le groupe et en particulier la dépendance des agents à l'action des autres dans de nombreux cas. Face à la structuration très nette qui apparaît et cette dépendance au groupe, malgré la fixité des processus de choix des agents, il semble intéressant de mettre en place des boucles de rétroactions pour faire évoluer de façon différenciée les processus de choix de la population.

Dans les simulations présentées ici, les critères de choix des agents (motivation au prestige et estime) évoluent au cours du temps. Cette évolution est individuelle, car elle dépend de l'histoire de l'agent ou de sa réputation à un instant donné, mais se fait selon des règles communes à tous. Ici, on s'intéresse tout à la fois à l'évolution de ces deux attributs chez l'ensemble des agents, et à la forme de la société.

On s'intéresse en premier lieu à créer des situations où une hétérogénéité apparaît dans les critères de choix au sein de la population (c'est-à-dire si on peut retrouver certaines situations décrites au chapitre 21). On s'intéresse également à voir si les boucles de rétroactions aident à figer la société, dans des structures plus stables que si ces boucles ne sont pas installées.

22.1 Simulations à estime variable

On a défini l'estime d'un agent comme la capacité qu'il se reconnaît à faire des dons. Elle est, par définition, liée à son intégration dans le groupe : elle évolue selon sa capacité à participer à la dynamique d'échange (donner), ainsi qu'à la reconnaissance de son appartenance au groupe (recevoir).

Dans ces simulations, les populations sont totalement homogènes au départ. Chacune des simulations se caractérise par l'estime initiale des agents et par leur motivation au prestige. On voit plusieurs dynamiques d'évolution de l'estime apparaître en fonction de ces conditions initiales, et en particulier en fonction de la motivation des agents pour le prestige. Pour chaque répartition d'estime, on voit alors des sociétés de formes différentes se mettre en place : on constate principalement que l'évolution des rangs est très dépendante de l'évolution de l'estime.

22.1.1 Evolution de l'estime

Si les agents ne sont pas motivés par le prestige, tous ont très rapidement la même estime. Cette uniformité se caractérise dans une société par le fait que tous les agents ont une estime presque minimale ou bien une estime presque maximale. On constate cette homogénéisation au bout d'un très court laps de temps.

- Si l'estime de tous débute à 4, celle de certains agents monte à 8 pendant plusieurs pas de simulation tandis que celle des autres chute, mais finalement, celle des agents qui s'étaient différencié chute aussi (fig. 22-1).
- Si l'estime de tous est supérieure à 6 au départ, les rares agents dont l'estime chute pendant une période verront cette valeur forcément augmenter par la suite (fig. 22-2). Dans aucune simulation on ne voit un agent se différencier des autres en terme d'estime.
- Il existe également une unique situation qui présente un équilibre légèrement différent : dans celle-ci l'estime de tous les agents oscille en permanence. La valeur de l'estime ne tombe que rarement jusqu'à 2 et vaut assez souvent 8, pour une moyenne supérieure à 6. Ce phénomène se produit seulement pour des valeurs très particulières (fig. 22-3), sans être même systématique pour des valeurs initiales données (dans environ une simulation sur 20, cet équilibre s'effondre pour créer une situation où toutes les estimes sont faibles).

FIG. 22-1: Evolution de l'estime des agents des 20 premiers rangs pendant 1000 pas de temps, pour des simulations où la motivation pour le prestige est de 5 et l'estime initiale de 4. Les agents ont tous une estime qui chute très vite.

Dans ce cas aussi, toutes les estimes ont une dynamique analogue.

L'estime est ici une variable pour laquelle les agents ne peuvent pas se différencier de la majorité du groupe. Ceci s'explique du fait du mécanisme de renforcement : l'estime augmente quand un agent fait un don et diminue s'il n'en reçoit pas. Si la majorité des agents ont une faible estime, les agents qui font des dons ont peu de chance d'en recevoir de la part des autres. C'est pour cela que cette estime finit toujours par chuter, même pour ceux pour qui elle était très haute au départ. A l'inverse, dans un contexte où de nombreux dons sont faits, même les agents avec une faible estime reçoivent suffisamment de dons pour voir leur estime augmenter.

FIG. 22-2: Evolution de l'estime des agents des 20 derniers rangs pendant 1000 pas de temps, pour des simulations où la motivation pour le prestige est de 5 et l'estime initiale de 6. Même les agents des plus bas rangs ont une estime qui ne chute jamais sans remonter très vite.

Estime initiale	Estime après 200 pas de temps pour une simulation où la motivation au prestige vaut 5
< 6	Estime presque homogène : inférieure à 3 pour tous les agents
6	Estime oscillant pour tous les agents entre 2 et 8 sans stabilisation apparente
> 6	Estime presque homogène : supérieure à 7 pour tous les agents

Si les agents sont motivés par le prestige, on observe un peu plus facilement la différenciation d'un petit groupe qui possède une estime supérieure à celle du reste de la population et atteint le maximum.

FIG. 22-3: Evolution de l'estime des agents des 20 premiers rangs pendant 1000 pas de temps, pour des simulations où la motivation pour le prestige est de 4 et l'estime initiale de 6. Les agents ont tous une estime qui oscille sans se stabiliser.

Estime initiale	Estime dans le groupe au bout de 1000 pas de temps pour une motivation au prestige de 8
< 3	Chute de l'estime : presque homogène et valant moins de 3
3-4	Augmentation de l'estime d'un petit groupe d'agents, tandis que les autres ont une compétence basse
> 4	Augmentation de l'estime : presque homogène et valant plus de 7

En fait, on constate principalement que plus le désir de prestige dans la population est important, plus l'estime globale pourra augmenter à partir d'un niveau assez bas au départ¹.

¹Ce résultat découle directement des mécanismes de choix et d'évolution de l'estime d'une année sur l'autre. Quand un agent tente de faire un don de prestige, son échec éventuel lui fait tenter ensuite un don de partage. Dans tous les cas, il tentera deux fois dans le tour de faire un don avant d'avoir échoué, alors qu'un agent qui

FIG. 22-4: Evolution de l'estime des 20 premiers agents sur 1000 pas de temps, pour une simulation à motivation pour le prestige de 8 et une estime initiale de 4. Seulement 5 agents conservent de façon stable une haute estime.

Un phénomène nouveau apparaît pour deux valeurs de l'estime initiale : tous les agents n'ont pas la même estime au bout d'un certain temps (fig. 22-4). Il s'agit alors de certains agents qui avaient à l'origine un rang plus élevé que les autres² et qui ont eu dès le départ, de plus grandes chances de recevoir des dons de prestige : ceci leur permet de conserver leur estime, et de l'augmenter pour chaque don réussi. Ainsi, ce petit groupe qui se démarque par son rang voit son estime entretenue par les dons reçus au départ, puis par les dons faits. Les autres agents sont eux aussi motivés par le prestige mais ne réussissent à faire qu'une partie des dons qu'ils souhaitent à cause de leur estime faible, et leur rang ne leur permet pas d'en recevoir : si à l'occasion leur estime augmente de façon significative (jusqu'à atteindre 5 ou 6), elle retombe assez vite.

tente de faire un don de partage peut échouer en un seul essai, et ne pas gagner d'estime. Le nombre de dons émis est plus élevé dans les cas où plus d'agents tentent des dons de prestige et chaque agent a donc moins d'occasion de perdre de l'estime.

²A l'initialisation, les agents se voient attribué un rang de façon aléatoire.

FIG. 22-5: Relation entre la réputation de partage et de prestige pour les agents, qui ont tous une estime assez élevée. Une élite de quatre agents se différencie en permanence.

22.1.2 Forme de la société

Si les agents ont tous une estime qui chute, la société se comporte comme dans les simulations à estime fixe très basse. Quelle que soit la motivation pour le prestige de la population, peu de dons circulent ; pour aucun agent il n'y a de stabilisation de rang, et donc aucune différenciation n'apparaît.

Si les agents ont une haute estime, si la motivation pour le prestige est basse, les sociétés sont homogènes pour la réputation de prestige : de nombreux dons circulent, et le rang de tous les agents varie en permanence sans que l'on puisse différencier d'agent. Si les agents sont très motivés par le prestige, une élite se différencie et ces élites sont relativement stables³ : certains agents restent avec un prestige très élevé durant 200 pas de simulation environ mais rarement plus longtemps (fig. 22-5, fig. 22-6).

Dans le seul cas où il n'y a pas de stabilité pour l'estime des agents (fig. 22-3), la société

³Plus stables que dans des simulations à caractères fixés où la motivation et l'estime moyenne seraient identiques.

FIG. 22-6: Evolution du rang pour deux agents qui appartiennent parfois à l'élite dans une simulation à estime mouvante valant initialement 6, pour une motivation pour le prestige de 5. Il n'y a qu'une faible stabilité de l'élite.

créée ne présente aucune différenciation en terme de prestige, comme dans toutes les simulations où l'on a vu une population à faible motivation pour le prestige. On constate au contraire une oscillation des rangs des agents qui est très importante et beaucoup plus que dans toutes les autres simulations.

Il y a enfin quelques simulations où l'estime est en elle-même un facteur différenciant pour les agents. Dans tous les cas ce sont des simulations où les agents sont motivés par le prestige. Les élites de ces simulations à estime fluctuante présentent une plus grande stabilité que celle à estime fixe. Les « changements de statut » sont presque absents, alors qu'ils étaient fréquents pour une estime fixe équivalente. Dans ce cas, peu d'agents ont une estime suffisante pour pouvoir atteindre la réputation qui correspond à leur motivation. Ils dépassent rarement le nombre de 6, et forment une élite bien différenciée (fig. 22-7, fig. 22-8). On comprend que cette élite est « entretenue » par l'ensemble des agents qui sont tous candidats au prestige. Tous tentent en effet de faire des dons de prestige, qui atteignent majoritairement les agents du haut de l'élite (fig. 22-9). Ceci leur permet de conserver leur estime.

FIG. 22-7: Relation entre la réputation de prestige et de partage pour les agents dans une simulation où l'estime évolue en partant de 4 et où la motivation pour le prestige vaut 8. Une élite bien distincte (et qui se révèle très stable) est constituée par 4 des 6 agents à haute estime.

22.2 Simulations à motivation variable

Une nouvelle constante est introduite ici, c'est le coefficient qui fait dépendre la motivation de la réputation :

$$\left(\frac{\text{motivation prestige}}{\text{motivation partage}} \right) = \left(\frac{\text{constante de changement de la motivation}}{\text{réputation prestige} / \text{réputation partage}} \right) *$$

22.2.1 Evolution de la motivation

Chaque simulation à motivation variable est définie par deux paramètres qui sont la constante de changement de la motivation et l'estime des agents. Il est possible d'obtenir plusieurs cas de figure dans la répartition de la motivation dans un groupe, en fonction de ces deux variables, et celles-ci se traduisent par des formes données de sociétés et de dynamiques d'échanges. On considère la situation pour des valeurs de l'estime différentes :

On considère le cas où l'estime vaut le maximum, c'est-à-dire 8.

FIG. 22-8: Evolution du rang de trois agents au cours d'une simulation à estime variable débutant à 4 pour une motivation au prestige de 8. Les six agents à estime haute restent de façon tout à fait constante dans l'élite une fois qu'ils y ont pénétré dans les premiers pas de temps. Les agents à basse estime peuvent parfois être dans les 10 premiers rangs mais n'y restent jamais.

FIG. 22-9: Dons de prestige reçus sur 25 pas de temps par les agents : la différenciation est très nette entre une élite stable et un ensemble d'agents qui ne reçoivent que peu de dons.

Constante	Evolution de la motivation
< 5	Motivation de tous les agents chute, jusqu'à ce que la moyenne atteigne 2 au bout de 800 pas de simulation. De façon individuelle, pendant ces 800 premiers tours, chacun des agents voit sa motivation tomber puis remonter jusqu'à 7 ou 8. Finalement, plus aucun agent n'est candidat au prestige (motivation de prestige ≥ 6) à partir du 900ième pas de simulation.
6 - 7	Seulement 10 agents conservent une motivation haute pour le prestige au cours du temps. Au bout de 800 pas de simulation, il ne reste qu'une dizaine de candidats au prestige. Ces candidats ne sont pas toujours les mêmes, et la motivation de la plupart oscille, en passant à l'occasion sous la valeur de 6. La moyenne de cette motivation ne dépasse pas 3.
> 8	Toutes les motivations sont au-dessus de 6. Pour tous les agents, elle est en général maximale et chute à l'occasion. La moyenne est à peine inférieure à 9, et ne varie presque pas au cours du temps.

On considère le cas où l'estime des agents est 5 :

Constante	Evolution de la motivation
< 9	La motivation de tous les agents chute. Il faut environ 1500 pas de temps pour qu'aucun agent ne soit plus candidat au prestige.
10 - 13	Une minoroté d'agents sont en permanence candidats au prestige et leur motivation peut s'inverser tous les 100 pas de temps. Il faut environ 1500 pas de temps pour que la situation se stabilise. Pour une valeur de 10, il n'y a que 5 à 10 candidats au prestige. Pour une constante de 13 c'est entre 20 et 25.
> 14	L'ensemble des agents qui est intéressé par le prestige presque dès le départ. Toutes les motivations sont soumises à des chutes et des remontées.

Si l'estime des agents est très basse, valant 2, jamais aucun agent ne conserve de motivation pour le prestige pendant une longue période. Même si à un pas de temps, certains agents sont candidats au prestige, on observe dans tous les cas des changements de motivation en permanence, elle chute et remonte sans cesse.

Si la valeur de la constante est logiquement importante pour maintenir la motivation au prestige dans la population, la valeur de l'estime se révèle également très importante (fig. 22-10 et fig. 22-11).

22.2.2 Forme de la société

Dans toutes ces simulations, la stabilisation du groupe est lente et les « histoires » de construction d'une société sont plus longues que celles observées précédemment. Dans les autres simulations, la structure définitive de la société était observable vers le 400ième pas de simulation, tandis qu'il faut attendre parfois 800 pas de simulation ici pour voir des variations disparaître. Lorsque l'estime est strictement inférieure à 5, la société se retrouve dans tous les cas à être totalement figée. Sans dons, pas de différenciation. C'est donc l'étude des cas où l'estime est supérieure à 5 qui est intéressante. La répartition des rangs dans la société est dépendante de l'évolution de la motivation de prestige des agents et de sa répartition dans la société.

FIG. 22-10: Motivation au prestige moyenne de la population pour une constante de 9 en fonction de l'estime. Pour que cette motivation se maintienne, il faut un minimum d'estime dans le groupe.

FIG. 22-11: Nombre de candidats au prestige dans une population où la constante vaut 9 : ce nombre dépend de l'estime des agents.

FIG. 22-12: Réputation de partage par rapport à la réputation de prestige pour un simulation où l'estime vaut 5 et la constante 9. Une minorité d'agents reste motivé par le prestige pendant de longue périodes, ce qui leur permet de former une élite qui se renouvelle lentement.

Dans le cas où la motivation de prestige est basse pour l'ensemble des agents (inférieure à 6) et où l'estime est haute donnent des « sociétés de partage ».

Si une minorité d'agents candidats au prestige apparaît tandis que les autres ne sont pas motivés, on voit apparaître une élite de trois agents (fig. 22-12). Celle-ci est rarement stable (fig. 22-13). Plus le groupe de motivés pour le prestige est petit et plus l'élite est stable. Au-delà de 15 candidats au prestige, il y a une très grande variabilité de l'élite entre ces candidats. En terme de dons, il y a vraiment une très grande différence dans la quantité de dons de prestige reçus qui coupe réellement la société en deux. Il est possible de rester dans la sphère où on est dans les dix premiers pendant une longue période.

Ce qui est surprenant dans ces simulations où la motivation varie, c'est que même si un groupe d'agents peu important est motivé par le prestige pendant une longue période, on n'assiste pourtant pas à une séparation en trois groupes (comme on a pu voir au 4.1). Dans aucun cas l'élite n'est stable et la plupart des agents motivés par le prestige réussissent à l'atteindre.

FIG. 22-13: Evolution du rang de deux agents dans une simulation où la constante vaut 9 et l'estime vaut 5. Les deux passent chacun une longue période avec un rang élevé : pendant ce temps, leur motivation au prestige reste importante, puis elle chute.

Si une majorité d'agents sont motivés par le prestige, une élite apparaît (fig. 22-14). Les agents qui la constituent y restent pour de longues périodes (fig. 22-15). On reconnaît ici une forme de société qui est proche de celles où tous les agents sont motivés par le prestige et où ils ont une estime suffisante pour atteindre à l'occasion l'élite.

Ici, il est intéressant d'observer alors la caractéristique des minorités qui sont indifférentes au partage. Celle-ci constituent un groupe relativement stable, sur de longues périodes, et souvent assez réduit. On voit pour la première fois apparaître de groupes très stables d'agents à rangs très bas qui sont nettement différenciés des autres agents. De même que les agents des plus hauts rangs peuvent parfois être remis en cause et perdre toute leur réputation de prestige, on voit que les agents les moins motivés et de bas rang peuvent en une centaine de pas de simulation se retrouver dans les premiers rangs.

FIG. 22-14: Réputation de partage par rapport à la réputation de prestige dans une simulation où la constante vaut 9 et l'estime vaut 8. L'élite est bien différenciée et constituée d'agents candidats au prestige. Il n'y a que très peu d'agents qui ne soient pas motivés par le prestige.

22.3 Apports de l'évolution des caractéristiques

22.3.1 Estime mouvante

On peut dresser un bilan des sociétés qui apparaissent en fonction de la constante de changement de la motivation et de l'estime des agents (fig. 22-16).

Le premier résultat que l'on obtient est le fait que l'estime augmente plus aisément dans une société où les agents sont orientés vers le prestige. Ce résultat est positif pour notre système car il est cohérent avec le reste de nos suppositions regardant l'image de soi d'un agent dans le groupe : nous avons construit le système de valeur pour que le prestige soit plus important que le partage pour la détermination de la définition de la hiérarchie.

On voit également que le critère de l'estime, qui a été définie pour être une image de soi de l'agent par rapport à son groupe, joue effectivement ce rôle. l'estime de chacun des agents est toujours étroitement liée à l'action des autres bien avant la sienne propre.

Cette estime peut devenir dans certains cas un facteur différenciant en elle-même entre les

FIG. 22-15: Evolution du rang de trois agents sur une période de 1000 pas de temps pour une simulation où l'estime vaut 8 et la constante 9. On observe une très grande stabilité de rang pour les agents de l'élite, motivés par le partage, mais également, une grande position pour les agents les moins motivés par le prestige qui restent parfois longtemps dans les plus bas rangs.

FIG. 22-16: Evolution de la société quand l'estime varie, en fonction de la motivation pour le prestige.

FIG. 22-17: Bilan de l'évolution de la société en fonction de l'estime initiale et de la constante de changement de la motivation.

agents, ce qui se révèle important pour les cas où les agents sont tous motivés par le prestige. Cette caractéristique permet en effet de renforcer les différenciations et de stabiliser l'élite.

Quand la motivation pour le prestige est élevée et l'estime de tous les agents est assez haute, on a vu que le système devenait très instable. Si les agents sont trop motivé pour appartenir à l'élite et peuvent faire les dons qu'ils souhaitent, une position dans l'élite peut à tout instant être remise en cause.

D'un autre côté, si tous les agents ont une estime basse, aucun ne réussit à se différencier de façon durable : aucun ne peut faire ou recevoir suffisamment de don pour avoir une réputation de prestige vraiment supérieure à celle des autres.

22.3.2 Motivation mouvante

On peut dresser un bilan des sociétés qui apparaissent en fonction de la constante de changement de la motivation et de l'estime des agents (fig. 22-17).

Comme dans toutes les simulations, il faut un minimum d'estime dans la population pour qu'une situation puisse évoluer et une histoire se développer. La motivation au prestige ne peut augmenter sans cette estime. La motivation pour le prestige est en outre un caractère qui évolue presque sans cesse, et peut subir des amplitudes très importantes.

L'évolution de la motivation au prestige se différencie de celle de l'estime, dans la mesure où c'est un caractère qui est beaucoup plus individuel. Il existe beaucoup de situation où la motivation de deux agents varie très différemment alors que ceux-ci restent très proches en terme de rang. De plus, elle n'est pas un indicateur très net de la situation de l'agent, ce qu'est l'estime. Pour être motivé par le prestige, il n'est pas nécessaire que les agents aient une réputation forte, et que la montée de la motivation ne s'accompagne pas d'une montée de rang : des agents « moyens » en terme de réputation peuvent avoir des motivations très fortes pour le prestige. Cela peut se comprendre par le fait qu'elle concerne un rapport entre les réputations, et qu'il suffit que la réputation pour le partage soit faible pour que la motivation de prestige soit haute.

Ainsi, même si la définition de la motivation aurait tendance intuitivement à renforcer les situations, on remarque qu'elle est un facteur qui n'est pas très stable.

22.3.3 Comparaisons

Plusieurs points peuvent être notés :

- Même si à un instant donné on retrouve les configurations dans les répartition des attributs que l'on posait dans des simulations où ceux-ci étaient figés (deux groupes à motivation différente par exemple), on voit que les dynamiques ne sont presque jamais comparables à celle des simulations des chapitres précédents.
- L'écart des réputations de prestige est moins important dans les simulations où la motivation renforce les différenciations que quand c'est l'estime.
- L'élite qui apparaît à estime fixe est moins stable qu'une élite renforcée par l'estime. Même si un groupe apparaît d'agents qui ont une motivation pour le prestige plus forte que les autres, ils sont interchangeables entre eux dans presque tous les cas.
- Lorsqu'une élite s'est différenciée, la motivation n'est pas un indicateur strict de l'appartenance à l'élite par un agent ni même de la possibilité d'y appartenir plus tard. Le lien

est beaucoup plus fort entre l'estime et la position dans l'élite.

En résumé, on a trouvé que la motivation ne renforce pas la différenciation de réputation de façon aussi nette que l'estime. Par contre, il est toujours nécessaire qu'une certaine partie de la population soit motivée par le prestige pour qu'une différenciation puisse apparaître entre les agents.

On peut constater également que même si des groupes distincts en terme d'estime et de motivation au prestige sont identifiables, on ne retrouve pas les configurations où 3 groupes distincts se détachent et sont plus ou moins stables, comme on avait pu observer dans le chapitre précédent. La persistance des « élitistes » dans une attente insatisfaite ne peut être retrouvée quand les motivations évoluent en fonction des résultats.

Les différentes configurations qui sont apparues avec l'évolution de la motivation dépendent beaucoup de la valeur choisie pour la constante de changement. Les situations les plus diverses se retrouvent pour des valeurs allant de 7 à 9. Cette étude des valeurs de la constante de changement de la motivation n'a pas d'équivalent pour la rétroaction de l'estime, pour laquelle une unique boucle est testée ici.

Chapitre 23

Discussion

23.1 Une grande variété de résultats

23.1.1 Complexité des résultats

Deux boucles de renforcement sont définies pour les agents dans ce système. La première est celle de l'estime, qui évolue en fonction des dons reçus autant que des dons faits. La seconde est celle de la motivation, qui est intégralement déterminée par la constante de changement de la motivation qui caractérise une simulation.

De ces dynamiques, ainsi que des règles de répartition des dons par le groupe, on peut déduire plusieurs boucles plus globales :

- les agents avec une forte réputation de prestige reçoivent plus de dons de prestige, ce qui entretient leur réputation,
- les agents à plus haute estime font plus facilement des dons, et ceci maintient en retour leur estime,
- la motivation des agents à acquérir du prestige ou à partager est défini proportionnellement à leur réputation dans ces deux domaines.

On peut constater que ces boucles globales vont toutes dans le sens d'un renforcement des situations, et il semblait logique de s'attendre, dans ce système, à observer principalement deux types de situation :

- une grande stabilité de hiérarchies auto-entretenuës,

- un aléatoire impossible à déchiffrer.

Or, de nombreuses situations très diverses apparaissent (fig. 23-1, fig. 23-2), représentant des résultats plus ou moins significatifs par rapport au type de résultats que nous recherchons. En effet, ce qui nous intéresse particulièrement dans ce travail, est d'identifier deux types de phénomènes dans nos sociétés artificielles :

- les différenciations : je me suis en général intéressée à comprendre les « raisons » de cette différenciation, en fonction des différentes dynamiques d'échanges et des règles de renforcement implantées dans le système.
- les « remises en cause » : dans les cas où des situations sont stables pendant une partie de la simulation et où les caractéristiques se transformaient d'une façon soudaine j'étais en général intéressée par ces transformations.

En général deux types de simulations n'entraient pas dans ce champs :

- les « effondrements » : je désigne ici par effondrement l'ensemble des simulations où l'estime ou la motivation pour le prestige de l'ensemble des agents s'effondre. Dans ce cas, le nombre de dons chute également et aucun agent ne peut se différencier d'une façon significative pendant une durée intéressante. On se trouve dans une société figée.
- les « enthousiasme généralisés » : ils se caractérisent par une motivation très haute et une estime très haute de l'ensemble de la population. Dans ce cas, il n'est pas non plus possible de dégager une élite, car l'ensemble du groupe peut très facilement remonter en rang à n'importe quel moment.

Un phénomène est observable dans l'ensemble des simulations jusqu'alors : la motivation et l'estime fonctionnent toutes les deux à peu près « dans le même sens ». En effet, toutes les deux favorisent la circulation d'un grand nombre de dons de prestige. Ainsi, une haute motivation pour le prestige est indispensable pour voir l'estime monter. De la même façon, il est très difficile de maintenir la motivation pour le prestige d'une population qui ne ressent pas d'estime à faire des dons.

Les différents ordres se définissent à la fois par des formes dans le groupe à un instant donné et par des dynamiques dans l'évolution interne. On peut alors observer, de façon non prévisible,

FIG. 23-1: Quatre grandes catégories de sociétés. En haut des sociétés à populations homogènes : la motivation pour le prestige et l'estime, en étant différentes, font apparaître des sociétés de partage (à gauche) ou des sociétés à élites distinctes mais peu stables. En bas, des sociétés à populations différenciées, où les élites formées sont principalement formées par les populations prédéfinies qui ont des chances d'y appartenir du fait de leurs caractéristiques, mais peuvent être approchées par les autres (à gauche la différenciation se fait par la motivation pour le prestige, à droite par l'estime).

FIG. 23-2: Quatre formes de sociétés (réputation de prestige par rapport à celle de partage) lorsque sont mis en place les processus de rétroaction. Quand ces processus fonctionnent, on constate des répartitions très différentes des critères de choix dans le groupe. Si l'estime évolue, il y a très peu de cas de différenciation d'estime pour une partie de la population (comme en bas à gauche) et c'est la seule simulation où une élite complètement stable se met en place. Sinon (en haut à gauche) le groupe est homogène et on retrouve les situations observées pour des critères fixes. Les simulations où la motivation évolue font apparaître des groupes clairement différenciés plus fréquemment, selon deux schémas : une majorité d'agents sont motivés par le prestige et les peu motivés le sont de façon stable (auquel cas, un enthousiasme généralisé est observable : en haut à droite) ; seulement une minorité est motivée par le prestige et crée une élite (mais dans ce cas, il reste possible aux agents de changer de motivation, sur de très longues échelles temporelles : en bas à droite).

soit des oscillations à plus ou moins long terme dans le temps, soit par des changements de position après une stabilité très longue. De telles caractéristiques dans les résultats sont de celles que l'on peut observer de façon habituelle dans l'analyse des systèmes complexes : il y a des situations très stables et d'autres qui se situent à la limite et peuvent basculer très aisément vers un équilibre ou un autre. A ce titre, ces situations qui n'avaient pas été anticipées par l'observateur peuvent être considérées comme des « nouveautés » [Livet, 1983] ou des « émergences » [Jean, 1997].

Ces ordres dépendent de l'estime et de la motivation au prestige de la population d'agents. Leur valeur, l'homogénéité ou l'hétérogénéité de la population, les boucles de rétroaction diverses, qui ont fait apparaître des sociétés avec des vies assez différentes.

	Pas de différenciation notable	Deux groupes : une élite et les autres	Trois groupes : une élite de 3-5, un groupe intermédiaire et les autres
Pas de stabilité d'agents dans les premiers rangs détectable	Homo : Motivation ≤ 5 - Variable : Motivation ≤ 5 / Compétence variable - Hétéro : compétence ≤ 5 - Hétéro : motivation ≤ 5		
Stabilité de certains agents dans les premiers rangs sur des durées de 20 pas de temps	Variable : Motivation ≥ 6 / Compétence variable < 3 au départ	Homo : Motivation = 9-10 / Compétence ≤ 5 - Variable : Motivation ≥ 9 / Compétence variable > 7	Hétéro : compétents < 6 / 8 \geq motivation ≥ 5

	Pas de différenciation notable	Deux groupes : une élite et les autres	Trois groupes : une élite de 3-5, un groupe intermédiaire et les autres
Stabilité de certains agents dans les premiers rangs sur des durées de 20 à 200 pas de temps	Homo : motivation = 9-10 / Compétence ≥ 6 - Variable : Motivation ≥ 6 / Compétence variable > 5	Homo : Motivation = 7-8 / Compétence ≤ 5 - Hétéro : candidats prestige > 15 / Compétence = 8 - Hétéro : compétents ≥ 6 / motivation ≥ 5	
Stabilité de certains agents dans les premiers rangs de l'ordre de 500 pas de temps ou au delà		Homo : motivation fixe = 6-8 / compétence ≥ 7 - Hétéro : candidats prestige ≤ 4 / Compétence = 8 - Variable : motivation ≥ 6 / Compétence variable 3-4 au départ	Hétéro : 4 \leq candidats prestige ≤ 15 / Compétence = 8

23.1.2 Influence des paramètres

Influence de la mémoire

Les agents ont une mémoire de 25 pas de simulation, sur laquelle se base le calcul des réputations. Cette durée a été également celle qui nous a servi à caractériser ce que peut être la stabilité d'une élite.

C'est ce choix de départ qui permet de distinguer entre des sociétés où tous les agents changent de rang en permanence sans qu'un groupe ne se détache réellement (« enthousiasme

généralisé ») et les simulations où des agents restent dans l'élite pendant une vingtaine de pas de simulation et chutent brusquement par la suite (simulations motivation variable). La durée de mémoire de cette société artificielle est donc en soi un facteur structurant pour la compréhension de ses dynamiques.

Une motivation pour le prestige nécessaire

Pour obtenir une différenciation en terme de réputation pour le prestige, il est nécessaire d'avoir des agents qui cherchent spécifiquement à obtenir du prestige.

Dans le cas où les agents sont homogènes, il y a un seuil en deçà duquel il n'y a pas de différenciation car les agents n'effectuent que rarement des dons de prestige. Il est possible de voir apparaître un groupe distinct, en créant deux groupes au départ. Ce trait, dans la construction de notre société ostentatoire, est plutôt rassurant. Cela permet en effet de confirmer le fonctionnement de notre système sous forme d'un bouclage, tel qu'il a été pensé à l'origine. C'est bien parce que le prestige est une valeur partagée dans une certaine mesure par les agents, qu'il y a un sens à observer son apparition par la suite.

Une estime qui a deux implications

Dans le système, la bonne « image de soi » des agents (l'estime) a un rôle moteur dans l'action individuelle des agents. Au niveau global cela se traduit dans le fait que sans un minimum d'estime dans la population, aucun don ne peut circuler et donc aucune différenciation apparaître.

Par contre, les ordres qui apparaissent dans la société ne peuvent être stables si l'ensemble de la population veut obtenir du prestige et s'en sent capable. Ce résultat apparaît particulièrement dans les simulations à populations hétérogènes : un petit groupe motivé par le prestige permet l'apparition d'une élite stable, alors que si le nombre augmente, la stabilité s'effondre. Dans les simulations où toute la population est motivée par le prestige, c'est une estime un peu plus importante qui fait que le système ne peut plus atteindre un état où une élite est stable.

23.2 Agent autonome et « représentations sociales »

23.2.1 Des individualités

Dans les différentes sociétés construites, chaque agent est défini par un certain nombre d'attributs. Il y en a deux en particulier que l'on choisit pour représenter leur « individualité » : il s'agit de ceux qui orientent leurs prises de décision à un tour donné, l'estime et la motivation. L'estime est l'image que l'agent a de sa capacité à faire un don. Comparée à un nombre aléatoire, elle lui permet de décider si un don donné sera réalisable. La motivation représente le caractère de l'agent (en termes économiques, on pourrait dire sa préférence). Elle lui permet de décider quel type de don il va tenter d'effectuer.

Il a également été possible de voir apparaître des différenciations individuelles au cours du temps, qui n'étaient pas simplement définies par la réputation ou les autres attributs de l'agent. Dans la dynamique des échanges et les positions sociales on a parfois identifié des « fonctions » pour les agents. Ainsi certains ont aidé d'autres agents à monter dans l'élite ou à s'y maintenir, sans être eux-mêmes capables d'y appartenir. Ceci est particulièrement net dans les simulations où la population est hétérogène.

23.2.2 Un fonctionnement collectif

Si des histoires individuelles et des « caractères » sont ainsi possibles à identifier, il est impossible de penser l'évolution d'un agent indépendamment des autres.

Quand l'estime varie, il est très rare qu'un agent puisse avoir une estime haute sans qu'au moins une partie du groupe (et souvent l'ensemble) ne se sente également très compétent.

Dans les simulations où seulement une partie du groupe est motivée par le prestige, ce ne sont pas forcément ces agents qui sont alors les plus hauts dans l'élite : il arrive que leurs dons permettent à un agent qui ne s'intéresse pas au prestige d'être en tête.

A ceci s'ajoute bien sûr le fait qu'une estime moyenne minimale est nécessaire dans le groupe pour qu'une quelconque dynamique se mette en place.

Ainsi, l'individu, même s'il existe de façon autonome dans ses choix, ne se définit qu'en fonction de son intégration aux deux systèmes d'échanges du groupe : l'image de ce qu'il veut faire et l'image qu'il a de ses capacités n'est jamais indépendante du groupe.

Dans ces sociétés, les agents ne communiquent pas du tout les uns avec les autres, et n'ont aucun rapport direct. Toute représentation n'est échangée qu'à travers la représentation collective d'un rang et l'observation des actes. On peut reconnaître dans cette description des faits une façon de communiquer « à travers l'environnement », habituelle pour les systèmes multi-agents.

23.3 Interprétation et intérêt des résultats

23.3.1 Représentations et valeurs

On peut interpréter d'un point de vue un peu plus social ces résultats.

A chaque fois que l'agent utilise ces boucles, c'est pour juger, à partir des actions passées, des choix qu'il va devoir faire par la suite. Cela lui permet à la fois de voir s'il est capable de faire quelque chose, mais aussi de choisir comment sa situation présente doit influencer ses « préférences » pour le futur.

La constante de changement de la motivation est ce qui l'incite à reproduire plus ou moins la situation du moment. Ces boucles sont donc en quelque sorte des « représentations sociales », qui aident à donner une valeur au futur par rapport au présent. Le fait de partager des représentations sociales avec les autres fait en outre qu'il est impossible d'avoir une bonne image de soi si les autres n'en ont pas également.

L'importance de l'estime dans l'existence d'une différenciation semble plaider en faveur de l'interprétation des boucles et des valeurs fixées au début comme sous forme de « représentations sociales ». Si les agents ne se sentent jamais capable de faire des dons, il est normal que le sens donné par le groupe à cette circulation de biens ne puisse pas apparaître.

Si on accepte cette interprétation des sociétés artificielles, on observe que les « représentations sociales » qui circulent dans celles que nous avons créées sont toujours très uniformes. Il n'y a qu'une seule interprétation, commune à tous les agents, de l'importance des dons faits et reçus pour déduire l'estime, et la constante de changement de la motivation qui détermine l'importance du prestige est la même pour tous.

Pourtant, il y existe une véritable « mobilité sociale », des « individualités » se mettent en place, définies par un rôle ou une représentation que chacun des agents a de ses capacités.

Un système très simple reposant sur le prestige et les visions collectives peut ainsi mettre

en avant des dynamiques de réputation assez complexes et faire apparaître des personnalités.

Supposer une indépendance de l'individu dans un groupe pour se construire une personnalité originale ne semble pas vraiment nécessaire. Il nous a suffi ici de considérer qu'il existe des « tendances » de comportements (comme chez [Jeffrey, 1997]) et des « valeurs » permettant le renforcement de ces tendances. A partir de là les agents vont se singulariser, sous l'influence de la chance et de la situation du groupe sur le long terme. Il semble donc tout à fait envisageable de commencer à concevoir un système multi-agent en construisant la réflexion autour du groupe et de ses règles de fonctionnement, avant même de s'intéresser aux caractéristiques intrinsèques des agents.

On a bien sûr, à l'opposé, mis en place des systèmes qui ne sont pas du tout favorables à l'émergence d'une telle individualité.

23.3.2 Sociétés du don

Le système a été construit en se basant sur des logiques qui semblent la base des sociétés ostentatoires. Nous avons cherché ce qui, dans une société du don pouvait empêcher un agent de participer à la dynamique collective, ou l'orienter vers un comportement ou un autre.

Le fait de voir apparaître une telle variété dans notre système, où parfois la « individualité » émerge, avec de nombreux retournements de situation, nous fait penser que les hypothèses de comportements ont été traduites d'une façon qui, si elle n'est pas juste, est néanmoins cohérente.

Certains résultats sont en effet en adéquation avec les descriptions théoriques habituelles.

En particulier, le fait qu'un système ostentatoire ne peut fonctionner que si

- une partie des agents croient qu'il est important d'avoir du prestige [Godbout, 1994]
- une partie des agents se croient capables de participer à des échanges de surplus (donc d'effectuer des actes au-delà de leur consommation immédiate).

Et le fait qu'en fonction des paramètres :

- on ne voit pas forcément se développer d'élite,
- l'élite est plus ou moins stable,
- elle peut être remise en cause ou entretenue par certains sous-groupes

Tous ces points sont des points intéressants dans une réflexion sur les sociétés ostentatoires. Il existe en effet autant d'interprétations de l'importance du don que de sociétés réelles [Godelier, 1996]. Ainsi, si la redistribution est mise en avant dans un groupe, la hiérarchie aura une forme très différente du cas où la compétition entre les chefs remet en cause en permanence les positions de prestige. C'est ainsi que l'on peut expliquer que dans certaines sociétés où le don est central, le Potlatch (une joute par les dons) est inexistant. Dans ce système, il est possible d'identifier ainsi les boucles de rétroaction, ou au contraire les fixations de données, qui rendent possible la variation des élites ou les figent.

Cinquième partie

Discussion

Chapitre 24

Confiance et représentations pour des agents artificiels

Deux modèles ont été réalisés et un travail d'enquêtes a été mené au cours de ces trois ans. Les résultats qui ont été obtenus donnent des indications sur le thème de la confiance interindividuelle dans un groupe et sur celui de la modélisation dans les sciences de la société. Ainsi, la confiance est un angle d'approche qui a été définitivement choisi pour aborder la constitution du groupe : véritable valeur dans les sociétés, elle a semblé un bon angle d'entrée d'analyse et très porteuse dans un travail de simulations en sciences sociales. En particulier, elle constitue une entrée très intéressante pour l'analyse des représentations que les agents se font des interactions, qui réapparaît comme un point essentiel dans les processus sociaux.

24.1 La confiance comme valeur

Dans ce travail, la confiance a été directement abordée sous la forme de processus qui la renouvellent. Ceci supposait implicitement que celle-ci existe bien comme une valeur, identifiable en tant que telle dans les interactions des individus. Or, comme on a pu le voir, la vision classique des interactions est sous l'angle de l'intérêt. Dans ce cadre, le terme de « confiance » désigne une forme d'indicateur qui est utilisé pour effectuer un calcul de risque dans toutes les relations avec les autres.

24.1.1 Donner un rôle à la confiance

Une façon alternative de considérer la confiance, et qui a servi ici d'inspiration, est de la prendre comme une valeur. Ceci a été particulièrement développé dans le modèle des cités de Thévenot et Boltanski qui part de la notion de conventions en économie pour s'élargir à un cadre global. La confiance y est vue comme une donnée essentielle du social, plutôt que comme un élément ajouté [Boltanski & Thévenot, 1987]. La vie d'un individu dans un groupe et l'ensemble des liens qu'il va tisser se découpent selon plusieurs champs. Ils structurent l'ensemble de la société et sont chacun désigné par le terme de « cité ». On identifie ainsi la cité de l'inspiration, de l'opinion, la cité marchande, industrielle, civique et domestique. Chacune est régie par un système de conventions qui évolue indépendamment des autres.

Ce sont les interactions dans les sociétés qui sont à la base de l'existence des conventions [Livet & Thévenot, 1989]. Ces dernières apparaissent au cours de discussions qui, au-delà de permettre de choisir la forme d'une action en commun, sont autant de négociations pour s'accorder sur le sens que chacun donne à cette action. Or, pour pouvoir discuter sur le sens des actions, il est nécessaire d'avoir des valeurs en commun. Chacune des cités dans le monde social se trouve donc pourvue d'un système de valeurs qui sert aux individus à justifier leurs actions dans une logique propre. Ces logiques ne sont pas transférables, et les cas où les conventions d'une des cités sont appliquées dans une autre apparaissent comme des situations « hors normes » ou anormales. Par exemple le paternalisme dans une entreprise peut s'analyser comme l'intrusion de relations de type domestique dans le monde industriel ; de même la corruption de fonctionnaire est l'irruption de relations du monde marchand dans le monde civique.

Dans cette définition du monde, Thévenot et Boltanski estiment donc qu'il ne faut en aucun cas réduire un type de logique d'action à un autre, ou ignorer que les champs de relations sont distincts. Ils s'intéressent alors à la confiance comme définissant un pan entier des relations sociales.

En effet, la définition même de la cité domestique repose sur la notion de confiance, qui est donc posée comme une valeur de base. Elle est comparable en cela à la monnaie : elle peut s'acquérir, se transférer. Elle a par contre des caractéristiques particulières qui sont qu'elle est moins facilement transférable (que l'argent, par exemple), et surtout qu'elle est longue à obtenir [Dupressoir, 1994].

Les auteurs précisent que les cités ont des importances équivalentes : si la confiance ne peut pas être oubliée comme donnée de base qui définit la vie d'un groupe social, elle ne doit pas non plus être considérée comme plus importante qu'une autre des valeurs des sociétés.

En la prenant comme élément central de discussion, je ne semble pas m'être réellement souciée de ce genre de recommandation. Dans la démarche de construction des systèmes multi-agents, j'ai étudié de plusieurs façons les logiques des agents. Dans le premier modèle, il y a une comparaison simple entre deux représentations distinctes. Dans le second, la manipulation des paramètres et des boucles de rétroaction a permis de balayer un grand éventail de « valeurs » différentes au sein d'un mécanisme tautologique. En effet, c'est le travail basé sur des comparaisons dans les représentations qui a ici permis de développer des commentaires sur la description souhaitable.

24.1.2 Discussions sur la représentation par les coûts

On peut rappeler ici la vision classique d'un agent qui est utilisée en micro-économie. Les phénomènes que chaque agent prend en compte pour faire ses choix, même s'ils sont de natures différentes au départ, sont en général synthétisés dans une fonction que chacun des agents doit maximiser. Tous les agents possèdent la même vision des choses. Il est alors possible, selon certaines lois mathématiques, d'agrèger les valeurs obtenues. On considère également, dans la théorie économique standard, qu'un système et sa dynamique peuvent se comprendre par l'analyse des prix et des coûts de transaction et de leur évolution. Pour étudier les coûts, l'économiste crée un point de vue sur le système qui lui permet d'agrèger les résultats sous la forme d'un unique indicateur. En général, en construisant un système artificiel on considère que cet indicateur est lui-même utilisé par l'ensemble des agents du système.

Le modèle JuMel a été en grande partie inspiré par le modèle classique d'échanges marchands, même s'il en diffère par certains aspects.

Dans JuMel, il n'y a qu'un seul type d'agents qui possèdent des représentations, et cela limite donc les communications réelles. Ainsi, ils ne demandent jamais directement les informations et les négociations sont réduites au minimum. De plus, ils ne communiquent pas non plus les uns avec les autres. Les agents n'agissent que pour eux-mêmes et ne perçoivent même pas de façon consciente la présence des autres agents. De ce fait, on voit qu'ils ne les perçoivent qu'à

travers l'externalité de la concurrence créée par leur trop grand nombre. Ici, on peut considérer qu'on se situe sur le mode individualiste de l'économie classique, pour lequel seuls il n'existe que des échanges où l'équivalence est immédiate. L'interprétation du monde repose sur des bases partagées uniformément, et les représentations individuelles ne nécessitent pas d'explicitation ou de confrontation.

Par contre, il y a deux différences importantes entre notre modèle et un système de marché : les agents n'ont pas accès à l'information en tant que telle et ce ne sont pas les prix réels qui évoluent. Les informations utilisées sont obtenues par les agents à travers les réponses aux propositions d'accords. Ce que l'on pourrait appeler les prix (les coûts d'accès réels des sédentaires) ne varient pas. Ceci est contraire à la définition idéale d'un marché, où le prix, en évoluant, matérialise les actions des agents. Ici, ce qui permet de donner une dynamique au système est l'évolution des représentations, et leur décalage par rapport à la réalité. Ceci permet néanmoins qu'un ordre s'organise tandis que les erreurs se construisent. Les résultats ne donnent donc pas d'indications sur la représentation standard des échanges marchands, mais sur la possibilité de modéliser des représentations en terme de coût pour évoquer des échanges.

Un point intéressant dans les simulations du modèle JuMel a été l'apparition d'une certaine forme de concurrence quand les agents choisissent avec une priorité au coût. Ils ne font pas la différence entre des facteurs objectifs (les prix) et des facteurs individuels (la relation). Tous vont alors voir les mêmes agents et la ressource est alors beaucoup plus mal répartie que si le système était laissé au hasard.

On peut se souvenir que la théorie économique est intégralement basée sur le présupposé de la rareté [Simon, 1991]. Ici, en utilisant la notion de coût comme une représentation, et nous situant dans un univers où la ressource est suffisante, on a fait réapparaître la rareté. Les externalités liées à la concurrence ne sont pas bien réintégrées dans l'économie par la prise en compte des coûts, puisque celle-ci ne permet pas la réduction de cette concurrence. Si les deux notions — rareté et coûts — semblent liées d'une façon importante, cela permet alors de s'interroger sur l'usage de cette notion dans l'économie. Il existe en effet des situations où les agents échangent sans pour autant vivre une situation de rareté, et on peut se demander si, dans ces contextes, il est nécessaire de construire une traduction des actions et de leurs résultats à travers une unique fonction d'utilité. L'a priori qui pousse à utiliser la notion de

coûts peut être handicapant pour analyser certaines situations économiques. On s'interrogera également plus loin sur les effets que peut avoir, dans l'établissement d'une politique publique, le choix de « monétariser l'environnement », qui est fréquent dans le cadre du développement [Lescuyer, 1998].

Même sans s'attacher à la question de la concurrence, il apparaît dans les résultats que la façon de prendre en compte les représentations individuelles a un très grand impact sur les mécanismes globaux. Des différences très importantes existent en ce qui concerne la production, mais également dans la dynamique des relations et dans la réponse du système à certaines perturbations.

En général, les économistes s'accordent à reconnaître que le prix et le coût sont des notions intéressantes comme indicateur pour capturer les phénomènes globaux. L'apparition d'un prix représente un phénomène émergent qui rend compte des échanges réels d'une multiplicité d'agents sans qu'il soit nécessaire de prendre en compte les logiques qui les mènent à ces actions. Mais s'il est une bonne variable pour un observateur extérieur, rien ne prouve qu'il soit utilisé par les agents eux-mêmes [Hayek, 1945] (cité par [Simon, 1991]). Au vu des résultats du système, il ne semble pas évident qu'il soit équivalent d'exprimer les liens en tant que tel ou de les traduire sous une autre forme, sans en bouleverser totalement la dynamique. Par contre, dans la théorie classique, les agents traduiraient forcément les liens sous forme de coûts [Kirman, 1997]. En restant ainsi dans le champ économique pour décrire le monde, on induit un biais et on réduit certainement la possibilité de décrire l'ensemble des réalités observables.

Il ne s'agit pas ici de nier la prise en compte par les individus de phénomènes globaux et de données en commun. Il est évident qu'un grand ensemble d'événements qui se manifestent dans la structuration de la société sont également pris en compte par des agents. C'est d'ailleurs ainsi que le modèle des dons a été élaboré, où la construction des représentations des agents ne se basent que sur des données locales. Cependant, les indicateurs que les individus prennent en compte au quotidien ne sont pas forcément ceux considérés par certains économistes. Par exemple, comme le signale Williamson, de nombreux phénomènes psychologiques ne peuvent être négligés, comme la tendance des humains à ne pas aimer changer une situation déjà connue (un « statu quo ») [Williamson, 1998]. C'est pourquoi il peut sembler plus judicieux, lorsque l'on s'attache à décrire des sociétés artificielles, de chercher avant tout à modéliser la réalité de la

logique individuelle plutôt que de se baser a priori sur des projections individuelles d'indicateurs agrégés.

24.2 Modélisation dans un système distribué

24.2.1 Hétérogénéité ou agent représentatif?

Les simulations ont permis de mettre en avant un autre phénomène : la grande sensibilité des deux modèles réalisés à l'hétérogénéité des représentations des agents.

Dans le modèle JuMel, ce qui a été identifié comme fondamental pour permettre la survie des troupeaux est le fait que les transhumants ont des visions différentes de leur intérêt. Ici, l'hétérogénéité n'était pas analysée comme une hétérogénéité des processus de formation des représentations, mais simplement comme une diversité des points de vue formés en fonction de l'histoire. Celle-ci était atteinte plus aisément à travers le modèle de représentation par les liens que par les coûts.

Dans l'univers des dons, l'hétérogénéité en termes de représentation de soi (l'estime) et d'objectifs (la motivation) a été nécessaire pour faire apparaître une stabilité dans les sociétés, et permettre l'identification d'histoires individuelles. Le fait que dans les groupes, il existe une grande hétérogénéité, en matière de motivation mais aussi de représentation de soi, semble être à la base de l'existence de hiérarchie. C'est également parce qu'on a une société hétérogène (parce que des groupes étaient définis dès le début ou parce que les renforcements de représentations séparent les agents) que l'on voit apparaître des groupes intermédiaires de populations dont les aspirations ne sont jamais assouvies, mais qui participent par leur envie au maintien de l'élite à laquelle ils souhaitent appartenir.

Les deux modèles permettent ainsi de questionner la notion d'agent représentatif et d'agrégation des résultats. Ceci rejoint la vision de certains chercheurs qui ont insisté eux aussi sur l'idée d'hétérogénéité dans les groupes comme étant nécessaire à une description réaliste du monde, en particulier pour représenter des dynamiques complexes. On trouve en particulier la cohabitation de deux types de rationalités dans le modèle de Jeffrey [Jeffrey & Lemon, 1998]. Une partie des agents de son modèle ont une conception du monde qui les pousse à chercher de nouvelles idées dans le monde et à aller au delà des cadres établis en inventant. L'autre partie

de la population est constituée d'agents qui sont capables d'évaluer les différentes innovations et de les traduire par rapport à leurs préoccupations, afin de les adopter ou non. La conclusion de sa recherche rejoint celle que je fais ici : en évitant de différencier les agents entre eux dans un modèle, on perd une grande partie des phénomènes. Ce choix de faire deux populations dans la modélisation se retrouve également en biologie [LePage, 1997].

Ce qui semble ainsi ressortir des résultats de simulations, et qui s'accorde avec les remarques de certains économistes, c'est que choisir de modéliser l'ensemble des agents à travers un agent représentatif, ou de synthétiser les représentations que ces agents ont de leur environnement à travers la notion de coût, réduit considérablement l'ensemble des phénomènes descriptibles [Kirman, 1997]. Il semble en quelque sorte nécessaire de prendre un point de vue qui correspondrait à une réalité vécue par les individus : si un lien existe, il doit être exprimé indépendamment des autres réalités, si les agents ont des représentations hétérogènes, ils doivent être décrits ainsi.

24.2.2 Apparition d'un ordre

Les deux systèmes multi-agents construits se réfèrent à deux modèles théoriques très différents. La représentation de la société qu'ils présentent réduit nécessairement le champ d'analyse des modèles, mais a permis de mettre en avant certains a priori sous-entendus dans le comportement des agents.

L'apparition de contradictions ou de phénomènes inattendus permet d'aller plus loin dans la compréhension des présupposés théoriques, et permet de développer les formes de vie artificielle qui peuvent apparaître dans divers cadres de pensée. Ceci représentent déjà une forme de validation pour ces modèles. Dumouchel définit trois formes d'ordre dans la façon de concevoir les systèmes sociaux. Il existe les ordres raisonnables, qui sont construits de façon consciente par les agents et qui n'existent que parce que ceux-ci (ou une partie d'entre eux) les entretiennent. Ceux-ci s'opposent aux ordres spontanés, qui eux ne sont pas forcément perçus par les agents, et que l'on peut séparer en deux groupes : les ordres rationnels, qui peuvent être connus des agents et les ordres irrationnels qui sont détruits dès lors que les agents prennent conscience de leur existence [Dumouchel, 1992]. Par exemple, comme le signale Annette Baier, dans certains contextes où le groupe fonctionne sur un système de confiance, l'explicitation des règles implicites peut être dangereux et détruire l'équilibre [Baier, 1986].

Les acteurs dans un groupe sont effectivement conscients d'une partie des phénomènes dans lesquels ils sont impliqués. Cependant, cela n'implique pas que ce soit sur ces phénomènes qu'il faille porter son attention. Il peut justement être intéressant d'aller au delà des normes. Pour certains, ce sont justement ces ordres spontanés qui sont importants pour l'étude sociologique, car ils se situent au-delà du discours des personnes qui participent à un ordre et permettent ainsi de le comprendre en l'universalisant [Lévi-Strauss, 1968].

Le modèle JuMel était intégralement construit sur des visions individualistes. L'a priori théorique était que la seule action des transhumants les uns sur les autres était un usage simultané des mêmes ressources. Ils n'ont jamais de conscience des réalités du groupe en tant que tel (l'ordre créé ne peut être perçu). On a déjà vu en quoi l'utilisation de ce système a permis de mettre en avant certaines hypothèses implicites dans les représentations qui sont peu crédibles pour représenter certains systèmes.

Dans le modèle Réputation, seule l'action de donner est reconnue par le « groupe », et son observation sert à former les images de chacun des agents. C'est une forme de conscience commune qui traduit sous forme de réputation les actions, et en conséquence les rangs, qui deviennent une information partagée. Ainsi, sans communication peuvent s'organiser les comportements des individus, très dépendants de l'action commune. Tous les agents observent l'ensemble des actions et ont tous la même interprétation des faits. Contrairement à la vision de l'autre modèle, on voit clairement se mettre en avant une vision très « holiste » de la société, où l'individu existe certes comme entité autonome, mais ne peut ni agir, ni être perçu, sans que soit prise en compte l'intégralité du groupe et la position qu'il y a selon le point de vue commun. Les règles y sont a priori tautologiques et contraignantes, tous les éléments sont définis par la hasard et la position dans le groupe. Partant simplement de règles communes et de représentations définies par des valeurs, apparaissent alors des dynamiques très complexes, et il devient possible pour les agents de se faire une représentation d'eux-mêmes, et d'avoir un rôle à jouer par rapport aux autres.

On a vu en outre qu'un phénomène social n'est concevable que si un minimum d'agents se sentent impliqués dans le groupe. La répartition des représentations dans le groupe est très importante pour l'entretien des différenciations qui apparaissent. Certains ordres ne peuvent

exister que si des circonstances très précises sont réunies (présence d'une hétérogénéité dans les représentations des agents, grande importance du prestige dans le renforcement). Il n'a jamais été possible de différencier de façon nette le caractère d'un agent ou un type de comportement qui ne se définisse pas par rapport à l'ensemble des membres du groupe. Même sans communication, l'image que l'agent a de lui-même est créée par la dynamique du groupe, et conditionne de telle façon sa propre action que cela crée la dynamique du groupe par la suite.

Ici, l'apparition d'histoires individuelles et de caractères pour des agents, ne remettent pas en cause les présupposés holistes. Ce qui fonde l'individu n'est pas qu'il ne sache pas se caractériser par rapport aux autres, mais bien plutôt que cette caractérisation ne se puisse se définir que par sa position reconnue par le groupe. En effet, si la reconnaissance d'un individu autonome est présente dans toutes les sociétés, il existe de grande variation dans la forme de cette autonomie, la liberté d'action qui est laissée à chacun en fonction de son histoire, celle-ci pouvant être plus ou moins fortement intégrée à celle de la communauté [Geertz, 1986].

Ici, les agents sont capables de percevoir un élément dans les émergences qui ont lieu, le rang, et l'utilisent dans leurs actions (qui est donc un ordre rationnel). Cependant, ils sont incapables de percevoir la répartition des motivations et des estime dans le groupe, qui sont donc des ordres spontanés.

La grande différence dans les logiques à la base des modèles permet de comprendre pourquoi j'ai choisi de ne pas reprendre le premier modèle pour y ajouter une dynamique sociale de confiance. C'est en constatant les limites du premier modèle qu'il m'a été possible de comprendre combien il était nécessaire de concevoir les échanges personnels dans un cadre d'observation sociale et que le nouveau modèle a pris corps. Cependant la complexité des résultats était déjà telle dans le modèle JuMel et sa construction était tellement en contradiction avec une idée de communauté, qu'il ne semblait pas intéressant de créer un mélange mal maîtrisé.

Il semble que quelque soit le niveau de communication entre les agents dans un système artificiel, il y aura toujours un degré où la tautologie sera perceptible. A un moment, il faut décider de la manière qu'a l'agent interprète les signes qui lui sont accessibles. Par conséquent, tous ne fonctionnent que par rapport à des règles préimplantées qui ne leur laissent aucune liberté. Ils n'ont pas l'occasion d'innover par rapport aux quelques schémas de compréhension du monde qu'ils possèdent.

Au niveau global, il est cependant possible de faire la part entre la réduction nécessaire qui a été effectuée et la structuration sociale qui émerge. Dans les deux modèles, il n'y a pas de communication grâce à un langage entre les agents, qui ne peuvent donc échanger directement du sens. Dans le premier modèle, la communication est réduite au minimum et dans le second, la société a été décrite sans qu'aucune interaction entre des agents ne soit identifiée en tant que telle. Ceci n'empêche pas les agents d'avoir des représentations les uns des autres et également d'eux-mêmes grâce à leurs interactions. Ce sens ne s'est pas du tout construit de la même façon pour les deux systèmes. Malgré le minimalisme des représentations, le cadre très strict d'interprétation et l'existence d'un protocole et d'une norme unique de comportements permettent de construire le social et de l'analyser.

24.2.3 Systèmes multi-agents et expérimentations sur les valeurs

Les résultats ont suggéré que les représentations choisies pour les agents dans la description d'un système artificiel sont fondamentales. Dans le modèle JuMel, l'existence de plusieurs interprétations du monde par les agents s'est révélée la clef du fonctionnement du système. Dans le modèle réputation, l'évolution des représentations des agents et les interprétations qui en étaient faites dans l'évolution des choix d'actions se sont révélées importantes pour traduire la complexité. J'en ai d'ailleurs déduit des résultats plus généraux, signalant que les rationalités se devraient d'être mieux décrites pour une analyse des comportements économiques. C'est pour atteindre ces résultats que l'usage d'un système à intelligence distribuée s'est d'ailleurs révélé fondamental : ne pas utiliser de valeur agrégée, en supposant l'existence d'un collectif hors des individus, a rendu possible la mise en avant des résultats.

Le système multi-agent a permis de traiter une grande variété d'informations et a également permis d'étudier la multiplicité des valeurs au sein d'un même agent.

Dans le modèle JuMel pour les simulations à priorité lien, deux représentations des autres existent au sein du même agent. Pour choisir à qui s'adresser, l'agent-transhumant utilise l'idée de « bonne relation », et pour faire sa proposition il prend en compte le coût qu'il connaît de l'agent. De fait, ces deux images ont peu d'influence l'une sur l'autre : cela se constate dans le fait que les résultats sont équivalents quelle que soit la valeur de la constante d'apprentissage. Il y a une telle indépendance entre les images, que la représentation liée aux coûts est sans

impact sur le système. On a donc ici la coexistence de deux représentations distinctes, utilisées par l'agent, mais sans aucun lien entre elles.

Par contre, dans le modèle de réputation, si deux valeurs sont créées et circulent, leurs économies ne sont pas indépendantes. Cela tient au fait que dans ce système, la circulation des biens a été utilisée dans le but de créer la valeur réputation. On a alors effectivement un lien entre les deux possessions qui est très fort pour les agents, et ceci fait qu'il est possible de manier une grande complexité dans les représentations en établissant des rétroactions adéquates (auxquelles, on l'a vu, le modèle était assez sensible). Dans ce modèle des dons, nous avons imposé une articulation entre plusieurs sens pour faire agir les agents, ce qui montre que l'outil était très adéquat pour atteindre ce type de complexité.

L'outil s'est donc révélé efficace pour montrer les différences impliquées par différentes représentations de rationalité. Ce résultat laisse à penser qu'il pourrait servir à de plus importantes explorations de la diversité des représentations et leur articulation, indique en cela une classe de questionnements où cet outil de modélisation serait intéressant à utiliser. Ce résultat est intéressant dans la mesure où la multiplicité de ces outils rend difficile le choix de celui à employer face à un problème donné, et qu'il est souvent question d'évaluer la pertinence de chacune des méthodes existantes [Parunak *et al*, 1998].

24.3 Méthode et usages

24.3.1 Choix du système multi-agent et validation

Lorsqu'a été entrepris le travail présenté ici, il a débuté autour de la problématique de comprendre comment les relations entre des individus permettent d'organiser l'accès à la terre pour les éleveurs de brousse à l'Extrême-Nord du Cameroun. Les rapports sociaux qui se développent sont alors analysables à travers la notion de confiance. Le système multi-agent a été choisi pour effectuer des simulations car il permettait une représentation plutôt spontanée des interactions, ce qui est un point de différence important avec les autres méthodes de simulation utilisées en sciences sociales. Les résultats obtenus ont été mis en perspective par un séjour au Cameroun et la découverte des acteurs qui étaient censés être représentés dans la thèse. Par la suite, la réalisation d'un second système est venu contrebalancer le travail précédent et exprimer des

processus très différents. Nous avons alors effectué des interprétations des différents résultats obtenus, sans poser encore une question fondamentale qui est celle de leur validité.

Comme le signale Olivier Barreteau [Barreteau & Bousquet, 1999b], la validation d'un système qui tend à représenter des sociétés à partir de simulations se définit selon deux axes distincts de questionnement : la validation interne et l'externe. Scott Moss fait une différenciation équivalente en désignant ces deux démarches par : la validation (interne) et la vérification (externe) [Moss *et al*, 1998].

La validation interne concerne l'adéquation entre le modèle conceptuel établi et la réalisation de ce modèle dans la machine. En quelque sorte, c'est la matérialisation des modèles qui peut être remise en cause. Cette étape de validation est tout à fait nécessaire mais reste de l'ordre du travail personnel du chercheur, ou d'une équipe, et peut être complétée par tous ceux qui souhaitent avoir accès au code.

En ce qui concerne la validation externe, on trouve plusieurs interprétations de la part de différents auteurs. La vision la plus classique est celle de signaler que les conclusions qui sont tirées doivent être en adéquation avec une réalité perceptible de façon directe, et en ceci rejoindre les impératifs d'usage des modèles des sciences de la nature [Pavé, 1994].

Au-delà de l'observation des résultats des simulations, on peut concevoir que ce soit le processus entier de création du modèle et de simulation qui doit être considéré comme un travail scientifique [Godard & Legay, 1986]. Dans le cadre des simulations dans des univers d'agents, l'apparition successive de nouveaux phénomènes peut mettre en avant des effets non souhaités et des événements surprenants qui révèlent des hypothèses mal explicitées ou d'éventuels biais dans la conception. Ces résultats sont perçus à travers une observation longue des simulations et peuvent amener à une modification de certains paramètres ou à la transformation de l'interprétation globale. C'est l'ensemble de la démarche qui doit alors apporter des éléments de compréhension supplémentaires à propos des processus décrits [Drogoul, 1992]. Le travail qui a été mené avec Martin O'Connor a effectivement relevé de ce processus, en permettant par un processus interactif de choisir et de fixer des valeurs de paramètres, à partir d'intuitions du type de phénomènes que nous voulions voir émerger.

Allant plus loin dans cette direction, on peut rappeler combien il est important d'intégrer la conception et l'évolution du modèle dans une démarche globale [Bousquet, 1994]. C'est ainsi

que la question de l'usage du modèle est au centre de ce qui peut déterminer sa validation. La notion de modélisation d'accompagnement peut se définir dans un travail en commun entre des chercheurs attachés à des questions disciplinaires et un spécialiste de la modélisation [Bousquet *et al*, sous presse]. Cette approche représente une démarche répétitive d'aller-retour entre les différents « mondes », celui construit dans le modèle et perçu par l'observation des simulations, et celui du monde extérieur perçu par les outils de la discipline. La construction des visions en parallèle entre la discipline et le modèle permet de faire apparaître des questions nouvelles, et force souvent à reformuler les préoccupations et les choix dans le long terme. Pour Olivier Barreteau, la rétroaction des résultats du modèle multi-agent sur la réalité est allée jusqu'à son intégration dans l'univers qu'il est censé représenter, afin de le faire commenter par les individus représentés [Barreteau & Bousquet, 1999b]. Bien sûr, cette confrontation n'est concevable que dans les sciences sociales, et permet de transformer le système réalisé en une réalité confrontable et discutable par les acteurs.

24.3.2 Application : apparition de la confiance

Si la confiance est si présente dans le discours des élèves, c'est bien parce qu'elle représente un des soucis du quotidien. Il est possible de comprendre les raisons qui font que c'est la confiance au sein des communautés et entre les individus qui est la plus forte : c'est que l'ensemble des institutions centralisées ne laissent à l'heure actuelle aucune place à tous ceux qui souhaitent vivre de l'élevage. Si les risques liés aux relations sociales n'étaient pas si grands, cela n'impliquerait pas la disparition des comportements observés, mais très certainement qu'ils ne seraient plus ressentis comme une telle contrainte.

On peut combiner cette réalité à la nécessité que l'on a identifiée précédemment de bien décrire les représentations des individus dans la réalisation d'un système multi-agent. Analyser précisément les mécanismes qui rendent possible la confiance dans un groupe fait apparaître les représentations vécues des différentes règles, et révèle les croyances et non-dits sur lesquels les acteurs se basent réellement. Par la suite, on peut alors retranscrire plus aisément le système nécessaire au fonctionnement du groupe et les représentations que s'en font les individus dans un système multi-agent, afin de simuler par la suite divers scénarios.

Les résultats que nous avons obtenus sont en premier lieu théoriques. Ils établissent certaines

corrélations entre des présupposés de description du monde, et les émergences d'ordre qui en découlent. Plutôt que de poser des questions totalement théoriques ou de fournir de nouvelles pistes de recherche, ceci peut également nous éclairer sur la question des choix sociaux et des outils qui peuvent être utilisés pour organiser les actions des individus.

On a vu apparaître de façon récurrente chez les chercheurs pour le développement le constat du manque d'adéquation des solutions politiques aux cadres préexistants. La théorie néoclassique a très souvent inspiré des réformes où la fiscalité est introduite dans l'exécution de certaines actions à travers des taxes, des impôts ou la subvention de certaines activités. Or ces méthodes semblent ne pas souvent porter les fruits attendus, en particulier dans les pays en voie de développement [Toulmin, 1993], [Behnke & Scoones, 1992].

Tout d'abord il est clair qu'aucun individu ne peut être assimilé à la description classique qui en est faite d'un consommateur/producteur. En particulier en Afrique chacun doit penser au système de redistribution dans lequel il est inséré et qui conditionne toutes ses représentations du monde. Il doit en outre envisager les taxes sous l'angle du détournement systématique de l'argent qu'il versera aux autorités, qui ne peut être évité. La conception classique des individus comme des consommateurs ayant tous des droits identiques est très loin de ces réalités. Il n'est pas étonnant que supposer un unique comportement à des individus, qui en réalité raisonnent sur la base de critères hétérogènes, mènent souvent à des échecs.

Une politique publique qui se base sur des concepts monétaires fait plus que de donner des informations supplémentaires aux acteurs au moment de leur prise de décision (où ils doivent considérer des taxes ou des amendes potentielles). Ce type de mesure pousse, de fait, les individus à traduire tous leurs choix sous forme de coûts et donc à mettre en regard deux types de réalités qui ne sont peut-être pas équivalentes ni même comparables pour eux a priori. Imposer des mesures sous forme monétaire tend à imposer un cadre de pensée relativement uniforme et dans lequel de nombreux systèmes culturels se retrouvent difficilement [Lescuyer, 1998].

Dans le modèle Réputation, les boucles de rétroaction qui sont utilisées pour décrire l'évolution des processus de choix en fonction des résultats perceptibles peuvent être assimilées, comme on a vu au chapitre 24, à des processus d'apprentissage [Minsky, 1988]. Les représentations communes servent de cadre pour interpréter les événements qui se déroulent et ceci transforme les motivations et la représentation de la capacité, comme pourraient le faire des mesures d'incita-

tion extérieures. Dans le modèle, en particulier, de petites modifications dans l'appréciation des événements se révèlent très importantes en donnant des résultats qualitativement très éloignés. On peut en effet constater des stabilisations de comportements ou l'apparition de nouvelles dynamiques d'évolution des représentations.

On peut imaginer qu'une mesure qui donne une valeur monétaire à certaines activités quotidiennes force les individus à traduire, afin de les comparer, l'ensemble des activités annexes et parallèles qu'il peuvent mener. Or, ce que le modèle JuMel nous a montré, c'est que traduire une donnée qui était d'ordre qualitatif sous forme de coût, en transformant les processus cognitifs, a un impact à une échelle au-delà du local. Dans ce cas apparaît de façon immédiate une concurrence qui n'a a priori pas à exister dans l'univers. Ce résultat, qui devient tout à fait compréhensible a posteriori, n'avait jamais été envisagé lors de la conception des règles de comportement. Il a constitué une surprise, et il a fallu des tests répétés pour l'analyser réellement. Il nous permet d'imaginer combien il peut être dangereux de pousser les individus à concevoir leurs comportements à travers un cadre purement économique, car cette transformation de point de vue peut produire des effets logiques mais difficiles à anticiper.

On peut supposer alors que la monétarisation de l'environnement pourrait transformer les usages de façon à faire apparaître des phénomènes annexes imprévisibles et potentiellement négatifs. Organiser les individus selon certains schémas peut pousser à la création de défauts inhérents à ces systèmes qui n'avaient pas été isolés en tant que tels auparavant. C'est très certainement pour cela que certains préfèrent étudier avant tout l'articulation des phénomènes entre eux dans les politiques. Ainsi un grand nombre de chercheurs recommandent dorénavant d'orienter les politiques vers une décentralisation des processus de décision et une recherche locale de sens [Thébaud, 1990]. Le pluralisme et la diversité des sociétés locales dans les pays en voie de développement rappellent sans cesse l'écart qu'il y a pour les populations entre le droit légal et le droit légitime, qui provoque un grand problème : le détournement très répandu des lois [Babin *et al*, 1999]. Il est intéressant de distinguer ces formes lorsque l'on aborde le sujet des pays en voie de développement car il est clair que dans ces pays, l'antagonisme entre les institutions légales et celles qui sont reconnues comme légitimes par les populations force à prendre en compte les logiques des acteurs dans les lois nouvelles, si l'on veut que celles-ci soient respectées [de Sardan, 1996], [Weicker, 1993]. Cela semble aussi essentiel que de chercher

la logique de production des individus avant de se lancer dans le transfert d'une technologie censée être efficace [Weber, 1979].

Chapitre 25

Conclusion

Le travail présenté dans cette thèse porte sur l'élaboration de deux systèmes multi-agents modélisant des sociétés dans le but d'analyser la notion de confiance entre les individus dans un groupe. Cette approche par la modélisation semblait en effet susceptible d'apporter des éclairages nouveaux pour l'analyse économique. La réflexion se base sur une étude de terrain au sujet des comportements que les éleveurs mobiles adoptent pour sécuriser leur accès à la ressource lors de leurs transhumances ou dans les cas de migration. Il semble que l'usage commun des ressources renouvelables, telles que les pâturages, résulte de façon générale des arrangements qui naissent entre les différents utilisateurs, lors de rencontres plus ou moins formelles. Dans ce cadre, la notion de confiance a été introduite pour caractériser les différents échanges observés lors de ces rencontres. Sa création et son renouvellement peuvent être perçus à travers trois mécanismes mis en oeuvre par les individus. Deux de ces mécanismes reposent sur la mémoire, et l'autre est un phénomène d'évaluation immédiate :

- la familiarité, qui repose sur la routine de la relation inter-individuelle, et implique la mémoire individuelle ;
- la réputation, liée à l'observation des actions d'un individu par le groupe, se définit comme une mémoire collective ;
- l'attente dans la présentation, pour laquelle les actes d'un individu sont utilisés comme des indices par les autres pour anticiper sur ses comportements à venir.

Les systèmes multi-agents ont été choisis pour élaborer les deux modèles construits car ils permettent une modélisation aisée des interactions entre des agents. Ceux-ci sont des entités autonomes possédant des représentations de leur environnement qui leur permettent d’agir en fonction de leurs buts, et de communiquer avec les autres. La construction d’un univers artificiel à partir d’agents repose sur la définition de leur environnement, de leurs actions, de la forme de leurs communications et de l’évolution de leurs choix en fonction des réactions de cet environnement.

Le premier modèle (JuMel) prend en compte la régularité entretenue par les éleveurs mobiles dans leurs échanges avec les populations sédentaires. Il décrit sur un mode interindividuel les interactions visant à rendre possible l’accès des agents mobiles à la ressource. Le travail de simulation est utilisé ici pour faire un lien entre deux logiques communément décrites en économie : l’idée d’optimisation des coûts et celle du respect de comportements institutionnalisés. Le modèle cherche à reproduire la régularité des liens dans le cadre de l’usage d’une ressource renouvelables dont la production est très variable. La principale conclusion que l’on tire des résultats de simulation est que dans ce contexte, il est difficile d’obtenir cette régularité avec des représentations en termes de coûts. La forme d’apprentissage qui en découle ne permet pas de réduire la concurrence qui apparaît dès que les agents ont des actions régulières. La plus grande flexibilité produite quand les liens sont pris en compte par les agents fait que la régularité devient moins dommageable pour la ressource. Ceci s’accorde avec des remarques de certains économistes qui notent que limiter les représentations que ces agents ont de leur environnement à la notion de coût réduit considérablement la pertinence de la description. Plus généralement, ce premier résultat a permis en outre de questionner les choix qui peuvent être faits par le législateur pour organiser les accès dans les contextes réels qui ont servi d’inspiration au modèle, en particulier en ce qui concerne les choix de fiscalité.

Le travail de terrain à l’Extrême-Nord du Cameroun a consisté en des séries d’entretiens avec des éleveurs nomades et des villageois où le sujet évoqué était l’organisation de la trans-humance des éleveurs, les contraintes ressenties, et les relations entretenues entre populations. Ces enquêtes ont permis de confirmer l’importance de la notion de confiance, mais en mettant en avant un élément qui avait été sous-estimé lors de la mise en place du modèle JuMel : l’importance du regard du groupe sur toute action individuelle. L’intégration au groupe est en effet

fondamentale pour garantir la surveillance et la possibilité de sanction. On a constaté en outre que le souci de maintenir sa réputation donnait également aux individus une conscience aigüe du sens de leurs actions. Chaque échange effectué peut alors être envisagé sous plusieurs angles : assurer l'échange de biens en lui-même, renouveler un lien avec la personne concernée, et créer un contexte favorable à un échange prochain.

Le second travail de modélisation a porté sur la notion de réputation dans un groupe. Dans l'univers créé, les échanges sont organisés sous la forme de dons obligatoires, qui ne sont pas dirigés vers un individu car la répartition des dons se fait seulement en fonction de la position sociale et du hasard. Seules la réalisation d'un don et sa réception importent. Les agents possèdent deux caractéristiques individuelles qui leur permettent de faire des choix : la motivation qu'ils ont à participer à une dynamique de prestige et l'estime qu'ils ont d'eux-mêmes et qui leur font juger s'ils sont capables de s'intégrer au mécanisme des échanges. Deux expériences ont été tentées : dans la première les agents sont caractérisés par des critères de choix différents et répartis en deux groupes ; dans l'autre l'hétérogénéité des critères de choix est créée grâce à des boucles de rétroaction dépendant de leur réputation dans le groupe. Les simulations font apparaître des situations avec des structurations sociales plus ou moins stables dans les deux types d'expériences, et qui dépendent grandement des paramètres posés. Même si des histoires individuelles (définies par une évolution de la réputation, de l'estime ou de la motivation remarquables dans le groupe) se dégagent souvent au cours de ces simulations, il est frappant d'observer que tout caractère individuel ne peut émerger que dans des contextes globaux très particuliers. De plus, l'hétérogénéité que l'on définit dans l'estime ou la motivation des agents ne peut être mis en rapport avec leur réputation dans le groupe. On note également que les rétroactions qui font évoluer les motivations des agents en fonction de leur situation dans le groupe ont une grande importance pour la structuration de ces groupes, et en particulier l'apparition d'élite. Ce point peut-être intéressant pour envisager la manipulation des valeurs dans l'interprétation des actions et des choix préférentiels, et la possibilité des systèmes sociaux à se reproduire ou se transformer.

Au niveau méthodologique, l'élaboration de chaque modèle a été effectuée avec l'aide d'un économiste. Ceci poussait à percevoir l'interaction à travers la question des stratégies mises en oeuvre et de l'existence d'institutions. Du point de vue des problématiques de création

d'une société artificielle, c'est plus sur l'interprétation des échanges par les agents, les processus d'apprentissage, la possibilité de représenter formellement l'usage d'une ressource que reposaient les questionnements. L'usage des systèmes multi-agents permet une approche originale, amenant à une description précise des comportements et des interprétations des agents, et a fait largement évoluer la problématique originelle de la régularité des liens, vers celle, plus générale de la confiance dans l'échange [Rouchier & Bousquet, 1998]. Dans le travail sur la réputation, la formalisation du don a été rendue possible à l'aide de représentations individuelles diversifiées et la possibilité de faire agir en parallèle différents niveaux d'organisation. On retrouve d'ailleurs cette capacité de synthèse de ces systèmes multi-agents pour la résolution de problématiques différentes dans de nombreuses application de recherche pour le développement, qui permettent entre autres de mettre en place de nouvelles méthodologies [Barreteau & Bousquet, 1999a].

Des trois éléments à la base de la confiance interindividuelle qui ont été proposés ici, deux ont été directement étudiés à travers les modèles informatiques créés : la régularité des rencontres (à la base de la familiarité) et la réputation (qui est une forme de familiarité qui se construit à travers des intermédiaires). Le troisième mécanisme, qui ne se base pas sur la mémoire a été principalement observé lors du travail de terrain, et a été ici désigné par le terme de « présentation », inspiré de Goffman [Goffman, 1973]. Il désigne l'ensemble des indices qui sont utilisés lors d'une première rencontre pour juger de la confiance à porter à un individu : il peut s'agir du respect de certains comportements codés attendus, de la possession de certaines preuves de l'appartenance à de catégories de la population (diplôme) ou encore d'une forme d'engagement dans l'action qui signifie la ferme intention de coopérer. Ce qui semble fondamental dans la mise en place de ces trois mécanismes, est le fait qu'il est impossible de les utiliser sans appartenance à un groupe, puisque même si l'appartenance à un groupe n'est pas explicitement requise, il convient de connaître au moins les codes attendus. En cela, la confiance interindividuelle apparaît comme un angle d'entrée fondamental dans la description du lien entre comportements individuels et appartenance à un groupe.

En perspective de ces travaux, ce troisième mécanisme semblerait intéressant à étudier, à la fois dans le contexte de l'élevage mobile et plus généralement pour décrire des processus d'intégration dans des sociétés. Pour les systèmes multi-agents, on a vu que la question de la confiance était centrale pour l'organisation du travail en réseau, tout autant que pour la mise en

place du commerce électronique. Or, les réponses aux problèmes posés dans ce cadre ne reposent pour l'instant que sur l'idée de la familiarité ou de la réputation, concernant des agents déjà intégrés aux communautés.

L'étude de l'attente dans la présentation pose la question de la connaissance des règles dont le respect rend possible l'acceptation du nouvel individu dans le groupe. Dans le contexte de l'élevage sahélien, la plupart des comportements sont partagés par les populations sur des échelles très vastes : ceci permet à chacun de se déplacer sur de longues distances tout en ayant conscience d'un minimum de codes à utiliser. De façon plus générale, il semble que l'on puisse identifier dans l'ensemble des cultures nomades des pratiques communes qui définissent l'arrivée dans une nouvelle zone [Monod, 1975]. Souvent un nouvel arrivant se doit en plus d'acquérir des connaissances de pratiques plus locales. On peut alors s'interroger sur l'existence d'éventuels mécanismes sociaux de transmission de tels savoirs dans les populations qui accueillent, ou sur les capacités des individus ou des communautés à apprendre les nouvelles règles, à travers l'observation.

Dans les systèmes multi-agents, deux mécanismes d'apprentissage sont fréquemment utilisés pour représenter la transmission des règles. Certains placent la négociation du sens au centre de cet apprentissage, ou des agents avec des capacités cognitives plutôt développées se mettent d'accord sur des connaissances communes [Nicolle & Jullien, 1997]. Une autre conception de l'apprentissage s'inspire des mèmes [Dawkins, 1990] et privilégie en général une idée de diffusion des idées par proximité pour décrire leur transmission entre agents [Epstein & Axtell, 1996]. Cette approche a mis en avant la nécessité pour les agents de posséder une grande « ouverture d'esprit » pouvoir s'adapter aux évolution des idées qui les environnent [Hales, 1998]. Les systèmes multi-agents semblent pouvoir être là aussi utilisés pour aborder sous cet angle la question de la confiance.

Sixième partie

Bibliographie

Bibliographie

- [1994] Acheson, James M. 1994. Welcome to Nobel Country : A Review of Institutional Economics. *Chap. 1, pages 3-42 of* : Acheson, James M. (ed), *Anthropology and Institutional Economics*. Lanham, USA : University Press of America.
- [1984] Aguilar, John L. 1984. Trust and Exchange : Expressive and Instrumental Dimensions of Reciprocity in a Peasant Community. *Ethos*, **12**(1), 3-29.
- [1996] Ancey, Véronique. 1996 (25 octobre). *Trajectoires Pastorales et Politiques Economiques de L'élevage*. Doctorat D'économie, EHESS, Paris.
- [1997] Ancey, Véronique. 1997. Les Peuls Transhumants Du Nord de la Côte-d'Ivoire Entre l'Etat et Les Paysans : La Mobilité En Réponse Aux Crises. *Chap. 34, pages 669-687 of* : Contamin, B., & Memel-Fotê, H. (eds), *Le Modèle Ivoirien En Question. Crises, Ajustements, Recompositions*. Paris : Karthala-Orstom.
- [1997] Ancori, Bernard. 1997. Evolution, Complexité et Consensus Monétaire : Un Modèle Théorique et Quelques Illustrations Historiques. *Economie appliquée*, **tome L**(3), 199-236.
- [1998] Antona, Martine. 1998. Les SMA Génétiques Pour L'étude de la Mobilité Pastorale En Zone Intertropicale Humide. *Pages 291-302 of* : *Proceedings of SMAGET*. Clermont-Ferrand : CEMAGREF.
- [1998] Antona, Martine, Bousquet, François, LePage, Christophe, Weber, Jacques, Karsenty, Alain, & Guizol, Philippe. 1998. Economic Theory of Renewable Resource Management : A Multi-Agent System. *Pages 61-78 of* : Sichman, Jaime S., Conte, R., & Gilbert, N. (eds), *Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation*. LNAI, vol. 1534, no. proceedings de MABS 98. Berlin : Springer-Verlag.

- [1988] Arthur, W. Brian. 1988. Self Reinforcing Mechanisms in Economics. *Pages 9–27 of* : Anderson, Philip W., Arrow, Kenneth J., & Pines, David (eds), *The Economy as an Evolving Complex System. Proceedings of the Global Economy Workshop, September 1987, Santa Fe, New Mexico*. Santa Fe Studies, no. 5. Santa Fe : Perseus book publishing.
- [1997] Arthur, W. Brian, Holland, John, LeBaron, Blake, Palmer, Richard, & Tayler, Paul. 1997. Asset Pricing under Endogenous Expectations in an Artificial Stock Market. *Pages 15–44 of* : Arthur, W. Brian, Durlauf, Steven, & Lane, David (eds), *The Economy as an Evolving Complex System*. Studies in the Sciences of Complexity, vol. XXVII, no. II. Santa Fe : Addison-Wesley.
- [1991] Atlan, Henri. 1991. L'intuition Du Complexe et Ses Théorisations. *Chap. Introduction, pages 9–42 of* : Fogelman-Soulié, Françoise (ed), *Les Théories de la Complexité*. Paris : éditions du seuil.
- [1992] Axelrod, R. 1992. *Donnant donnant - théorie du comportement coopératif*. Paris : Odile Jacob.
- [1995] Axelrod, Robert. 1995. A Model of the Emergence of New Political Actors. *Chap. 2, pages 19–39 of* : Conte, Rosaria, & Gilbert, Nigel (eds), *Artificial Societies. The Computer Simulation of Social Life*. London : UCL Press.
- [1994] Baas, N.A. 1994. Emergence, hierarchies and hyperstructures. *Pages 515–537 of* : Langton, C. (ed), *Artificial Life III- Studies in the Sciences of Complexity*, vol. XVII. Santa Fe : Addison-Wesley.
- [1999] Babin, Didier, Bertrand, Alain, Weber, Jacques, & Antona, Martine. 1999. Patrimonial Mediation and Management Subsidiarity : Managing Pluralism for Sustainable Forestry and Rural Development. *Pages 277–303 of* : *Pluralism and Sustainable Forestry and Rural Development - Proceedings of an International Workshop*. Rome : FAO.
- [1998] Bah, Alassane, Canal, Richard, D'Aquino, Patrick, & Bousquet, François. 1998. Les SMA Génétiques Pour L'étude de la Mobilité Pastorale En Zone Intertropicale Humide. *Pages 291–302 of* : *Actes de SMAGET*. Clermont-Ferrand : CEMAGREF.
- [1986] Baier, Annette. 1986. Trust and Antitrust. *Ethics*, **96**(janvier), 231–260.

- [1994] Barbier, Edward B., Burgess, Joanne C., & Folke, Carl. 1994. *Paradise Lost*. Londres : EarthScan.
- [1998] Barreteau, Olivier. 1998. *Un Système Multi-Agent Pour Explorer la Viabilité Des Systèmes Irrigués : Dynamique Des Interactions et Modes D'organisation*. Ph.D. thesis, Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts.
- [1999a] Barreteau, Olivier, & Bousquet, Francois. 1999a. Jeux de Role et Validation de Systemes Multi-Agents. *In : Actes Des JFIAD*. Hermes.
- [1999b] Barreteau, Olivier, & Bousquet, François. 1999b. SHADOC : A Multi-Agent Model to Tackle Viability of Irrigated Systems. *Annals of Operations Research*.
- [1997] Barth, F. 1997. Economy, Agency and Ordinary Lives. *Social Anthropology*, **5(3)**, 233–242.
- [1994] Bassett, T.J. 1994. Hired herders and herd management in Fulani pastoralism (Northern Côte d'Ivoire). *Cahier d'études africaines*, **L'Archipel Peul - XXXIV (1-3)**(133-135), 147–173.
- [1967] Bataille, G. 1967. *La part maudite*. Paris : Editions de Minuit.
- [1996] Batard, E. 1996. L'agent comme signe. *In : Journées Francophones IAD SMA 96 : IAD et SMA*. Paris : Hermès.
- [1977] Bateson, G. 1977. *Vers une écologie de l'esprit*. Paris : Seuil.
- [1988] Baum, Eric B. 1988. Neural Nets for Economists. *Pages 33–48 of : Anderson, Philip W., Arrow, Kenneth J., & Pines, David (eds), The Economy as an Evolving Complex System. Proceedings of the Global Economy Workshop, September 1987, Santa Fe, New Mexico*. Santa Fe Studies, no. 5. Santa Fe : Perseus book publishing.
- [1975] Baxter, P. T. W. 1975. Some Consequences of Sedentarization for Social Relationship. *Pages 206–228 of : Monod, Théodore (ed), Les Sociétés Pastorales En Afrique. Etudes Présentées et Discutées Au XIII Eme Séminaire International Africain, Niamey, Décembre 1972*. London, Ibadan, Nairobi : Oxford University Press.
- [1989] Beauvilain, Alain. 1989. *Nord-Cameroun, Crises et Peuplement*. Ph.D. thesis, Coutances.

- [1992] Behnke, R.H., & Scoones, I. 1992. *Repenser l'écologie des parcours : implications pour la gestion des terres de parcours en Afrique*. Dossier Du Programme Réseaux Des Zones Arides, no. 33. London, England : IIED.
- [1999] Bellemare, Guy, & Briand, Louise. 1999. Pour Une Définition Structurationniste de la Confiance et de la Responsabilité. *Chap. 7, pages 175-208 of : Thuderoz, Christian, Mangematin, Vincent, & Harrison, Denis (eds), La Confiance, Approches Économiques et Sociologiques*. Quebec, Canada : gaetan morin editeur.
- [n.d.] Benoit, M. *Les Bowébés du Kantoora (Sénégal)*.
- [1988] Benoit, M. 1988. Espaces francs et espaces étatisés en Afrique occidentale. *Cahier des sciences humaines de l'Orstom*, 4(24), 503-519.
- [1998] Benoît, M., Chicoisne, G., Deffontaines, J.-P., Hervé, D., Lardon, S., Ber, F. Le, Mullon, C., Papy, F., Souchère, V., Thinon, P., Tichit, M., & Treuil, J.-P. 1998. Coordonner Des Choix de Cultures Sous Contraintes Environnementales : Des Jeux de Rôle Aux Modèles Multi-Agents. *In : Actes de Smaget*. Clermont-Ferrand : Cemagref.
- [1989] Berkes, F., Feeny, D., Kay, B.J. Mac, & Acheson, J.M. 1989. The Benefits of the Commons. *Nature*, 340(13 July).
- [1997] Bierschenk, T., & LeMeur, P.Y. (eds). 1997. *Trajectoires Peules Au Bénin (Six Études Anthropologiques)*. Karthala.
- [1999] Billette, Andre. 1999. La Confiance Moderne Revisitée. *Pages 57-74 of : La Confiance. Approches Economiques et Sociologiques*. Paris : Gaëtan Morin editeur.
- [1966] Boas, F. 1966. *Kwakiutl Ethnography*. Chicago : The University of Chicago Press.
- [1992] Boissier, Olivier, Demazeau, Yves, & Sichman, Jaime. 1992. Le Problème Du Contrôle Dans un Système Multi-Agent (Vers un Modèle de Contrôle Social). *In : PRC-IA (ed), 1ère Journée Nationale Du PRC-IA sur Les Systèmes Multi-Agents*. Nancy : PRC-IA.
- [1999] Boissin, Olivier. 1999. Opportunisme, Confiance et Théorie Néoinstitutionnaliste de L'organisation Industrielle. *Chap. 6, pages 99-126 of : Thuderoz, Christian, Mangematin, Vincent, & Harrison, Denis (eds), La Confiance. Approches Economiques et Sociologiques*. Paris : Gaetan Morin éditeur.

- [1990] Boltanski, Luc. 1990. *L'amour et la Justice Comme Compétences. Trois Essais de Sociologie de L'action*. Paris : éditions Métailie.
- [1987] Boltanski, Luc, & Thévenot, Laurent. 1987. *De La Justification : Les Économies de la Grandeur*. Paris : Gallimard.
- [1989] Bond, A. H. 1989. Commitments, Some DAI Insights from Symbolic Interactionist Sociology. *Pages 239–261 of : Proceedings of the 9th International AAAI Workshop on DAI*. Menly Park, California : AAAI inc.
- [1988] Bonfiglioli, A.M. 1988. *Dudal. Histoire de Famille et Histoire de Troupeau Chez un Groupe de Wodaabe Du Niger*. Paris : MSH.
- [1990] Bonfiglioli, A.M. 1990. Pastoralisme, agro-pastoralisme et retour : itinéraires sahéliens. *Cahier des sciences humaines de l'Orstom*, **26 - Société pastorales et développement**(1-2), 255–266.
- [2000] Bonnefoy, Jean-Luc, Bousquet, François, & Rouchier, Juliette. 2000. Modélisation de Pratiques Spatiales et de Représentations Sociales de L'espace Grâce Aux Systèmes Multi-Agents. *soumis à : l'espace géographique*, 13.
- [1989] Bourgeol, M. 1989. *Les biens communaux*. Chap. 4.
- [1994] Bousquet, F. 1994. *Des milieux, des poissons, des hommes : étude par simulations multi-agents*. Orstom éditions.
- [1996] Bousquet, François. 1996. Systèmes multi-agents et action sur l'environnement. *In : Actes Du Colloque : "Mémoires, Inscriptions, Actions, Individuelles et Collectives"*. Centre de recherche de Royallieu, Compiègne.
- [1997] Bousquet, François. 1997. Usage Des Ressources Renouvelables et Modélisation Des Représentations : Une Approche Par Les Systèmes Multi-Agents. *Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement*, 123–128.
- [1990] Bousquet, François, & Cambier, Christophe. 1990. Transfert d'échelle et univers multi-agents : le cas du système de la pêche du delta central du Niger. *Pages 405–423 of : Mullon, Christian (ed), Le Transfert D'échelle*. Séminfor, no. IV. Orstom.
- [sous presse] Bousquet, François, Barreteau, Olivier, Mullon, Christian, & Weber, Jacques. sous presse. Modélisation d'Accompagnement : Systèmes Multi-Agents et Gestion Des Ressources

- Renouvelables. *In : Actes Du Colloque International "Quel Environnement Au 21ème Siècle ? Environnement, Maîtrise Du Long Terme et Démocratie"*. Paris, France : GERMES.
- [1978] Boutrais, Jean. 1978. *Deux études sur l'élevage en zone tropicale humide (Cameroun)*. Travaux et Documents de L'Orstom, no. 88. Paris : Orstom.
- [1983] Boutrais, Jean. 1983. *Elevage soudanien (Cameroun-Nigeria) des parcours de savane au ranchs*. Travaux et Documents de l'Orstom, vol. 160. Paris : Orstom.
- [1994a] Boutrais, Jean. 1994a. Eleveurs, bétail et environnement. *Pages 303–319 of : Blanc-Pamard, C., & Boutrais, J. (eds), A la Croisée Des Parcours. Pasteurs, Éleveurs, Cultivateurs*. Paris : Orstom.
- [1994b] Boutrais, Jean. 1994b. Les Foulbes de l'Adamaoua et l'élevage : de l'idéologie pastorale à la pluri-activité. *Cahier d'études africaines, L'Archipel Peul - XXXIV (1-3)(133-135)*, 175–196.
- [1995] Boutrais, Jean. 1995. *Hautes Terres D'élevage Au Cameroun*. Etudes et Thèses, vol. 2. Paris : Orstom.
- [1996] Brassac, C., & Pesty, S. 1996. La "pelouse fourmilière". De la coopération à la coaction. *In : Journées Francophones IAD SMA 96 : IAD et SMA*. Paris : Hermès.
- [1993] Brousseau, E. 1993. Les théories des contrats. Une revue. *Revue économie politique*, **103, janvier-février 1993**, 1–79.
- [1997a] Bruijn, Mirjam De, & Dijk, Han Van. 1997a. Introduction. *Chap. 0 of : Bruijn, Mirjam De, & Dijk, Han Van (eds), Peuls et Mandingues. Dialectique Des Constructions Identitaires*. Paris : Karthala.
- [1997b] Bruijn, Mirjam De, & Dijk, Han Van. 1997b. *Peuls et Mandingues. Dialectique Des Constructions Identitaires*. Paris : Karthala.
- [1993] Bura, Stephane. 1993. La Mémoire Collective D'un Système Multi-Agents. *In : PRC-GDR Intelligence Artificielle*.
- [1995] Bura, Stéphane, Guérin-Pace, France, Mathian, Hélène, Pumain, Denise, & Sanders, Lena. 1995. Cities Can Be Agent Too : A Model for the Evolution of Settlement Systems. *Chap. 5, pages 86–102 of : Conte, Rosaria, & Gilbert, Nigel (eds), Artificial Societies. The Computer Simulation of Social Life*. London : UCL Press.

- [1994] Bürgenmeier, Beat. 1994. *La Socio-Économie*. Paris : Economica.
- [1975] Burnham, Philip. 1975. Regroupment and Mobile Societies : 2 Cameroon Cases. *The Journal of African History*, **XVI**(4), 577–594.
- [1991] Burnham, Philip. 1991. L’ethnie, la Religion et l’Etat : Le Rôle Des Peuls Dans la Vie Politique et Sociale Du Nord-Cameroun. *Journal des africanistes*, **61**, 73–102.
- [1994a] Caillé, A. 1994a. *Don, intérêt et désintéressement Bourdieu, Mauss, Platon et quelques autres*. Paris : La Découverte/M.A.U.S.S.
- [1994b] Caillé, A. 1994b. Présentation. *Revue du Mauss*, **A qui se fier ? Confiance, interaction et théorie des jeux**(4), 3–16.
- [1995] Caillé, A. 1995. Rationalisme, utilitarisme et anti-utilitarisme. *Pages 193–215 of : Gérard-Varet, L.A., & Passeron, J.C.T (eds), Le Modèle et L’enquête*. Paris : EHESS.
- [1996] Castelfranchi, C., & Conte, R. 1996. Distributed artificial intelligence and social science : critical issues. *Pages 527–542 of : O’Hare, G.M.P., & Jennings, N.R. (eds), Foundations in Distributed Artificial Intelligence*. Wiley Interscience Publications.
- [1998] Castelfranchi, Cristiano. 1998. Through the Minds of the Agents. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, **1**(1), 6.
- [1998] Castelfranchi, Cristiano, & Falcone, Rico. 1998. Principles of Trust for MAS : Cognitive Autonomy, Social Importance and Quantification. *In : ICMAS 1998*. MIT Press.
- [1999] Castelfranchi, Cristiano, & Falcone, Rico. 1999. The Dynamics of Trust : From Beliefs to Action. *Pages 41–53 of : Castelfranchi, Cristiano, Tan, Yao-Hua, Falcone, Rico, & Firozabadi, Babak Sadighi (eds), Deception, Fraud and Trust in Agent Societies*. Rome, Italy : NationalResearch Council, for Workshop de Autonomous agents 99.
- [1998] Cecconi, Federico, & Parisi, Domenico. 1998. Individual versus Social Survival Strategies. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, **1**(2).
- [1995] Cohen, Philip R., & Levesque, Hector J. 1995. Communicative Actions for Artificial Agents. *Pages 65–72 of : Lesser, Victor (ed), ICMAS 1995*. California, USA : AAAI press.
- [1931] Commons, J. 1931. Institutional Economics. *American Economic Review*, **21**, 648–657.

- [1995a] Conte, R., & Castelfranchi, C. 1995a. Norms as mental objects. From normative belief to normative goals. *Pages 186–196 of* : Castelfranchi, C., & Müller, J.P. (eds), *From Reaction to Cognition*. Lecture Notes in Artificial Intelligence, no. 957. Heidelberg, ERG : Springer.
- [1995b] Conte, Rosaria, & Castelfranchi, Cristiano. 1995b. Understanding the Functions of Norms in Social Groups Through Simulation. *Chap. 13, pages 252–267 of* : Conte, Rosaria, & Gilbert, Nigel (eds), *Artificial Societies. The Computer Simulation of Social Life*. London : UCL Press.
- [1995] Conte, Rosaria, & Gilbert, Nigel. 1995. Introduction : Computer Simulation for Social Theory. *Chap. 1, pages 1–15 of* : Conte, Rosaria, & Gilbert, Nigel (eds), *Artificial Societies. The Computer Simulation of Social Life*. London : UCL Press.
- [1909] Cooley. 1909. *Social Organization*. New-York : Charles Scribner.
- [1996] d'Aquino, P. 1996. *Les Évolutions Dans L'occupation de L'espace et L'utilisation Des Ressources En Zone Agro-Pastorale Sahélienne. Le Cas de la Province de Soum Au Nord Du Burkina Faso*. Thèse Présentée Pour L'obtention Du Titre de Docteur En Géographie. Université de Provence Aix-Marseille I.
- [1997] Darley, V. M., & Kauffman, S. A. 1997. Natural Rationality. *Pages 45–79 of* : Arthur, W. Brian, Durlauf, Steven, & Lane, David (eds), *The Economy as an Evolving Complex System*. Studies in the Sciences of Complexity, vol. XXVII, no. II. Santa Fe : Addison-Wesley.
- [1988] Dasgupta, Partha. 1988. Trust as a Commodity. *Chap. 4, pages 49–72 of* : Gambetta, Diego (ed), *Trust. Making and Breaking Cooperative Relations*. Oxford, New-York : Basil Blackwell.
- [1990] Dawkins, Richard. 1990. *Le Gène Égoïste*. Paris : Armand Colin.
- [1994] de Bruijn, M., & van Dijk, H. 1994. Drought and coping strategies in Fulbe society in the Hayre (Central Mali) : a historical perspective. *Cahier d'études africaines, L'Archipel Peul - XXXIV (1-3)(133-135)*, 85–108.
- [1997] de Bruijn, Mirjam, & Dijk, Han Van. 1997. Antagonisme et Solidarité : Les Relations Entre Peuls et Dogons Du Mali Central. *Chap. 10, pages 244–265 of* : Bruijn, Mirjam De,

- & Dijk, Han Van (eds), *Peuls et Mandingues. Dialectique Des Constructions Identitaires*. Paris : Karthala.
- [1981] de Certeau, Michel. 1981. Une Pratique Sociale de la Différence : Croire. *Faire croire*, **51**, 363–383.
- [1996] de Sardan, Jean-Pierre Olivier. 1996. De l'amalgame entre analyse-système, recherche participative et recherche-action, et de quelques problèmes autour de chacun de ces termes. *Pages 129–140 of : Recherche-Système En Agriculture et Développement Rural*. Cirad.
- [1971] Debord, Guy. 1971. *La Société Du Spectacle*. Paris : Champs libres, Flammarion.
- [1984] Debreu, G. 1984. *Théorie de la Valeur*. Paris : Dunod.
- [1995] Demazeau, Yves. 1995. Exploiting Social Reasoning to Deal with Agency Level Inconsistency. *In : First International Conference on Cognitive Science*.
- [1991] Denizeau, Marie-Thérèse. 1991 (10 janvier). *L'espace et Le Sujet À Travers Vendredi Ou Les Limbes Du Pacifique, de Michel Tournier*. Ph.D. thesis, Université de Paris VIII, UFR 4, Département de littérature Française, Paris Saint Denis.
- [1975] Dognin, R. 1975. Sur Trois Ressorts Du Comportement Peul. *Pages 298–321 of : Monod, Théodore (ed), Les Sociétés Pastorales En Afrique. Etudes Présentées et Discutées Au XIII Eme Séminaire International Africain, Niamey, Décembre 1972*. London, Ibadan, Nairobi : Oxford University Press.
- [1994] Doran, Jim. 1994. Collective memory and emergent human social complexity. *In : Mémoire Collective. Dialogue Entre Les SMA Artificiels (IAD) et Les Sciences Humaines et Biologiques*. Compiègne : Centre de recherche de Royallieu.
- [1998] Doran, Jim. 1998. Simulating Collective Misbelief. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, **1**(1).
- [1995] Doran, Jim, & Palmer, Mike. 1995. The EOS Project : Integrating Two Models of Paleolithic Social Change. *Pages 103–125 of : Gilbert, N., & Conte, R. (eds), Artificial Societies. The Computer Simulation of Social Life*. London : UCL Press.
- [1992] Drogoul, Alexis. 1992. *De la Simulation Multi-Agents À la Résolution Collective de Problèmes*. Ph.D. thesis, Université Pierre et Marie Curie, Paris.

- [1994] Drogoul, Alexis. 1994. La mémoire collective dans les SMA réactifs : l'exemple de Manta. *In : Mémoire Collective. Dialogue Entre Les SMA Artificiels (IAD) et Les Sciences Humaines et Biologiques. 22-28 Janvier 1994.* Compiègne : Centre de Recherche de Royallieu.
- [1995] Drogoul, Alexis. 1995. When Ants Play Chess (or Can Strategies Emerge from Tactical Behaviour?). *Pages 13-27 of : Castelfranchi, C., & Müller, J.P. (eds), From Reaction to Cognition.* Lecture Notes in Artificial Intelligence, no. 957. Heidelberg : Springer.
- [1997] D.Servat. 1997. *Emergence et Coexistence de Groupes En Multi-Agents.* M.Phil. thesis, Université de Paris VI.
- [1979] Dumont, Louis. 1979. *Homo Hierarchicus : Le Système Des Castes et Ses Implications.* TEL. Paris : Gallimard.
- [1992] Dumouchel, P. 1992. Systèmes sociaux et cognition. *Pages 472-488 of : Andler, D. (ed), Introduction Aux Sciences Cognitives.* Paris : Folio essais.
- [1954] Dupire, Marguerite. 1954. Contribution À L'étude Des Marques de Propriété Du Bétail Chez Les Pasteurs Peuls. *Journal de la société des africanistes*, **XXIV**(2), 123-143.
- [1962a] Dupire, Marguerite. 1962a. Des Nomades et Leur Bétail. *l'Homme*, **1**(1), 22-39.
- [1962b] Dupire, Marguerite. 1962b. *Les facteurs humains de l'économie pastorale.* Niger : secrétariat IFAN.
- [1970] Dupire, Marguerite. 1970. *Organisation sociale des Peul. Etude d'ethnographie comparée.* Paris : Plon.
- [1994] Dupont, C. 1994. *La Négociation. Conduite, Théorie, Applications.* Paris : Dalloz.
- [1994] Dupressoir, S. 1994. *Incertitudes et Modes de Coordination. La Commercialisation Du Riz Au Mali.* Document de Travail, no. 22. Paris : CIRAD.
- [1994] Dupuy, Jean-Pierre. 1994. *Aux origines des sciences cognitives.* Paris : La Découverte.
- [1983] Durkheim, Emile. 1983. *Les Règles de la Méthode Sociologique.* Paris : PUF.
- [1999] Edmonds, Bruce. 1999. The Uses of Genetic Programming in Social Simulation : A Review of Five Books. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, **2**(1).
- [1996] Epstein, J.M., & Axtell, R. 1996. *Growing Artificial Societies. Social Science from the Bottom Up.* Washington DC, USA : The brookings institution.

- [n.d.] Ericksen, T. H. *Ethnicity and Nationalism- Anthropological Perspectives*. Anthropology, Culture and Society. Londres : Pluto Press.
- [1997] Esfandiari, Babak. 1997 (janvier). *Application de Techniques Orient Ees Agent En Gestion et Supervision de Reseaux*. Ph.D. thesis, Université de Montpellier II., Montpellier.
- [1989] Favereau, Olivier. 1989. Règle, organisation et apprentissage collectif : un paradigme non-standard pour trois théories hétérodoxes. *Revue économique*, **L'économie des conventions**(spécial mars 89), 113–137.
- [1997] Fay, Claude. 1997. Les Premiers Seront Les Derniers. Peuplement et Pouvoir Mandingues et Peuls Au Maasina. *Chap. 7, pages 165–191 of* : Bruijn, Mirjam De, & Dijk, Han Van (eds), *Peuls et Mandingues. Dialectique Des Constructions Identitaires*. Paris : Karthala.
- [1995] Ferber, Jacques. 1995. *Les systèmes multi-agents. Vers une intelligence collective*. Inter Editions.
- [1996] Ferber, Jacques. 1996. Coopération, intention et interaction. Une réponse à la "pelouse fourmilière" de Brassac et Pesty. *In : IAD et SMA Actes Des Journées Francophones IAD-SMA 96*. Hermès.
- [1995] Fina, Claire De. 1995 (janvier). *Le Contrat de Travail Dans un Univers Complexe. Conventions et Contrats En Agriculture de Plantation Ivoirienne*. Ph.D. thesis, ENSAM, Montpellier.
- [1995] Findler, Nicholas V., & Malyankar, R.M. 1995. Emergent Behaviour in Societies of Heterogeneous Interacting Agents : Alliances and Norms. *Chap. 11, pages 212–236 of* : Conte, Rosaria, & Gilbert, Nigel (eds), *Artificial Societies. The Computer Simulation of Social Life*. London : UCL Press.
- [1995] Fisher, Michael, & Woolridge, Michael. 1995. A Logical Approach to Simulating Societies. *Chap. 14, pages 268–283 of* : Conte, Rosaria, & Gilbert, Nigel (eds), *Artificial Societies. The Computer Simulation of Social Life*. London : UCL Press.
- [1992] Freeman, L.C. 1992. The sociological concept of "group" : an empirical test of two models. *American journal of sociology*, 152–166.
- [1996] Freeman, L.C. 1996. Cliques, Galois lattices, and the structure of human social groups. *Social network : an international journal of structural analysis*, **18**(4), 173–187.

- [1993] Frey, Bruno S. 1993. Does Monitoring Increase Work Effort? The Rivalry with Trust and Loyalty. *Economic Inquiry*, **XXXI**(October), 663–670.
- [1992] Friedberg, Claudine. 1992. Représentation, Classification : Comment L'homme Pense Ses Rapports Au Milieu Naturel. *Pages 357–371 of* : Jollivet, Marcel (ed), *Sciences de la Nature, Sciences de la Société. Les Passeurs de Frontières*. Paris : CNRS Editions.
- [1978] Gallais, J., & Sidikou, A.H. 1978. *Stratégies traditionnelles, prise de décision moderne et aménagement des ressources naturelles dans la zone soudano-sahélienne*. Notes Techniques Du Mab 9 (Aménagement Des Ressources Naturelles En Afrique : Stratégies Traditionnelles et Prise de Décision Moderne 84 Pp). Unesco.
- [1988a] Gambetta, Diego. 1988a. Can We Trust Trust. *Chap. 13, pages 216–237 of* : Gambetta, Diego (ed), *Trust. Making and Breaking Cooperative Relations*. Oxford, NY : Basil Blackwell.
- [1988b] Gambetta, Diego (ed). 1988b. *Trust. Making and Breaking Cooperative Relations*. Oxford, NY : Basil Blackwell.
- [1999] Ganzaroli, Andrea, Tan, Yao-Hua, & Thoen, Walter. 1999. The Social and Institutional Context of Trust in Electronic Commerce. *Pages 65–76 of* : Castelfranchi, Cristiano, Tan, Yao-Hua, Falcone, Rico, & Firozabadi, Babak Sadighi (eds), *Deception, Fraud and Trust in Agent Societies*. Rome, Italy : National Research Council, for Workshop de Autonomous agents 99.
- [1998] Gaume, Frédéric, Fallet, Bruno, Ferrand, Nils, & Chastel, Jean-Marc. 1998. Aide À L'aménagement Durable : Approche Multi-Agents Pour un Modèle Enjeux / Acteurs. *In* : *Actes de Smaget*. Clermont-Ferrand : Cemagref.
- [1986] Geertz, Clifford. 1986. *Savoir Local Savoir Global. Les Lieux Du Savoir*. Paris : PUF.
- [1997] Gérard, Etienne. 1997. La Lettre et L'individu : Marginalisation et Recherche D'intégration Des "jeunes Diplômés" Bamakois Au Chômage. *Chap. 4, pages 203–248 of* : Marie, Alain (ed), *L'Afriques Des Individus*. Paris, France : Karthala.
- [1987] Giddens, A. 1987. *La constitution de la société*. Paris : PUF.
- [1995] Gilbert, Nigel. 1995. Emergence in Social Simulation. *Chap. 8, pages 144–156 of* : Conte, Rosaria, & Gilbert, Nigel (eds), *Artificial Societies. The Computer Simulation of Social Life*. London : UCL Press.

- [1999] Gilbert, Nigel, & Troitzsch, Klaus G. 1999. *Simulation for the Social Scientist*. Buckingham. Philadelphia : Open University Press.
- [1994] Gleizes, M.P., Glize, P., & Trouillet, S. 1994. Etude des lois de la conversation entre agents autonomes. *Revue Internationale de Systémique*, **8**(1), 39–50.
- [1986] Godard, O., & Legay, J.M. 1986. Modélisation et Simulation : Une Approche de la Prédicativité. *les cahiers de la recherche-developpement*, 491–507.
- [1994] Godbout, Jacques. 1994. L'état D'endettement Mutuel. *la revue du MAUSS, A qui se fier ? Confiance, interaction et théorie des jeux*.(4), 205–219.
- [1992] Godbout, Jacques, & Caillé, Alain. 1992. *L'esprit Du Don*. Paris : La Découverte.
- [1974] Godelier, M. 1974. Considérations théoriques et critiques sur le problème des rapports à l'environnement. *Informations sur les sciences sociales*, **6**(13), 31–60.
- [1996] Godelier, M. 1996. *L'énigme du don*. Paris, France : Fayard.
- [1973] Goffman, E. 1973. *La Mise En Scene de la Vie Quotidienne. La Présentation de Soi*. Vol. 1. paris : minuit.
- [1974] Goffman, E. 1974. *Les Rites D'interaction*. Paris : Minuit.
- [1995] Granger, Gilles Gaston. 1995. Les trois aspects de la rationalité économique. *In : Gérard-Varet, L.A., & Passeron, J.C.T (eds), Le Modèle et L'enquête*. EHESS.
- [1989] Greif, Avner. 1989. Reputation and Coalitions in Medieval Trade : Evidence on the Maghribi Traders. *The journal of economic history*, **XLIX**(4), 857–882.
- [1995] Guerrien, Bernard. 1995. *La Microéconomie. La Pensée Économique Contemporaine*. Paris : Seuil.
- [1994] Gueye, Mamadou Bara. 1994. *Conflits et Alliances Entre Agriculteurs et Éleveurs : Le Cas Du Goll de Fandene*. Programmes Réseaux Des Zones Arides, vol. 49. London, England : IIED.
- [1998] Guichard, M. 1998. L'étrangeté Comme Code de Communication Interethnique : Des Relations Entre Agropasteurs Fulbe et Paysans Bariba Du Borgou (Nord-Bénin). *In : Diallo, Y., & Schlee, G. (eds), Dynamique Des Frontières : De L'ethnicité Peule Dans de Nouveaux Contextes*.

- [1994] Guillaud, D. 1994. Des pasteurs chez les villageois. L'élevage dans l'Aribinda (Burkina-Faso). *Pages 215–236 of* : Blanc-Pamard, C., & Boutrais, J. (eds), *A la Croisée Des Parcours. Pasteurs, Éleveurs, Cultivateurs*. Paris : Orstom.
- [1997] Guillaume, A., Vimard, P., Fassassi, R., & N'Guessan, K. 1997. La Circulation Des Enfants En Côte-D'ivoire : Solidarité Familiale, Scolarisation et Redistribution de la Main D'oeuvre. *Chap. 29, pages 575–590 of* : Contamin, B., & Memel-Foté, H. (eds), *Le Modèle Ivoirien En Question. Crises, Ajustements, Recompositions*. Paris : Karthala-Orstom.
- [1975] Gulliver, P.H. 1975. Nomadic Movements : Causes and Implication. *Pages 298–321 of* : Monod, Théodore (ed), *Les Sociétés Pastorales En Afrique. Etudes Présentées et Discutées Au XIII Eme Séminaire International Africain, Niamey, Décembre 1972*. London, Ibadan, Nairobi : Oxford University Press.
- [1995] Haddadi, A. 1995. Towards a pragmatic theory of interactions. *Pages 133–139 of* : *Actes de International Conference on Multi-Agents System (ICMAS) 1995*. MIT Press.
- [1997] Hales, David. 1997. Modelling Meta-Memes. *In* : Conte, R., Hegselmann, R., & Terna, P. (eds), *Simulating Social Phenomena*. Berlin : Springer-Verlag.
- [1998] Hales, David. 1998. An Open Mind is Not an Empty Mind : Experiments in the Meta-Noosphere. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, **1**(4).
- [1968] Hardin, G. 1968. The Tragedy of the Commons. *Science*, 1243–1248.
- [1996] Havelange, Véronique. 1996. Cognition et Théorie Sociologique de L'action. *In* : *Mémoires, Inscriptions, Actions Individuelles et Collectives Actes Du Séminaire Interdisciplinaire de Sciences Cognitives et Épistémologie - 22/26 Janvier 1996*. Compiègne : Institut de Royallieu.
- [1997] Havelange, Véronique, Lenay, Charles, & Stewart, John. 1997. Les Représentations : Mémoire Externe et Objets Techniques. *In* : *Les Modèles de Représentation : Quelle Alternative*. Bienne : Association Ferdinand Gonseth. Institut de la méthode.
- [1945] Hayek, F. Von. 1945. The Use of Knowledge in Society. *The American Economic Review*, september, 519–527.
- [1990] Hechter, M. 1990. The attainment of solidarity in intentional communities. *Rationality and society*, **2**(2, avril 90), 142–155.

- [1998] Herimandimby, Vestalys, Randriarijaona, Elino, Barreteau, Olivier, Bousquet, François, & Weber, Jacques. 1998. Systèmes Multi-Agents et Démarche Patrimoniale : Utilisation de Jeux de Rôles. *In : Smaget*. Clermont-Ferrand : Cemagref.
- [2000] Hutzler, Guillaume. 2000 (soutenue le 14 janvier). *Du Jardin Des Hasards Aux Jardins de Données : Une Approche Artistique et Multi-Agent Des Interfaces Homme / Systèmes Complexes*. Ph.D. thesis, Université Paris VI.
- [1998] Hutzler, Guillaume, Gortais, Bernard, & Renault, Valérie. 1998. Point, Ligne sur Plan : Des Agents Qui Communiquent Visuellement. *Pages 191–204 of* : Barthès, Jean-Paul, Chevrier, Vincent, & Brassac, Christian (eds), *Systèmes Multi-Agents de L'interaction À la Sociabilité*. Paris : Hermès.
- [1995] Ito, A., & Yano, H. 1995. The Emergence of Cooperation in a Society of Autonomous Agents. The Prisoner's Dilemma Game under the Disclosure of Contract History. *Pages 201–208 of* : Lesser, V. (ed), *Proceedings of ICMAS'95*. Cambridge, Massachusetts : MIT Press.
- [1997] Jean, M.R. 1997. Emergence et SMA. *Pages 323–341 of* : *Compte Rendu JFIADSMA '97*. HERMES.
- [1997] Jeffrey, Paul. 1997. The Use of Distributed Artificial Intelligence Techniques to Investigate the Roles of Cartesians and Stochastics in Cooperative Problem Solving. *cyberGeo*, 26/03, 14.
- [1998] Jeffrey, Paul, & Lemon, H. 1998. Understanding the Dynamics of Sustainable Communities : Stochastics, Cartesians and Social Networks. *Pages 251–264 of* : Dywer, S., Ganslosser, U, & O'Connor, Martin (eds), *Life Science Dimensions : Ecological Economics and Sustainable Use*. Germany : Filander Verlag Furth.
- [1999] Jonker, Catholijn M., & Treur, Jan. 1999. Formal Analysis of Models for the Dynamics of Trust Based on Experiences. *Pages 80–94 of* : Castelfranchi, Cristiano, Tan, Yao-Hua, Falcone, Rico, & Firozabadi, Babak Sadighi (eds), *Deception, Fraud and Trust in Agent Societies*. Rome, Italy : National Research Council, for Workshop de Autonomous agents 99.
- [1981] Kintz, D. 1981 (octobre). *La Perception de Leur Environnement Par Les Sociétés Sahéliennes. Une Étude de Cas : Saambo Na'i, Haute Volta*. Etablissements humains et environ-

nement socioculturel 24. UNESCO.

- [1997] Kirman, Alan. 1997. The Economy as an Interactive System. *In* : Arthur, W. Brian, Durlauf, Steven, & Lane, David (eds), *The Economy as an Evolving Complex System*. Studies in the Sciences of Complexity, vol. XXVII, no. II. Santa Fe : Addison-Wesley.
- [1997] Kuhn, B. 1997. "Pas de Lait, Pas D'argent !" L'importance Du Lait Chez Les Femmes Peules Du Nord-Benin. *Chap. 3, pages 63-76 of* : Bierschenk, T., & Meur, P.Y. Le (eds), *Trajectoires Peules Au Bénin*. Paris : Karthala.
- [1992] Lagenspetz, Olli. 1992. Legitimacy and Trust. *Philosophical Investigations*, **15**(1), 1-21.
- [1995] Lahno, Bernd. 1995. Trust and Strategic Rationality. *Rationality and society*, **7**(4), 442-464.
- [1995] Lambert, S., & Sindzingre, A. 1995. Droits et contrats fonciers en Afrique. *Cahier d'économie et sociologie rurales*, **36**, 32.
- [1997] Lane, David. 1997. Is What is Good for Each Best for All? Learning from the Others in the Information Contagion Model. *Pages 105-125 of* : Arthur, W. Brian, Durlauf, Steven, & Lane, David (eds), *The Economy as an Evolving Complex System*. Studies in the Sciences of Complexity, vol. XXVII, no. II. Santa Fe : Addison-Wesley.
- [1997] Lane, David, & Maxfield, Robert. 1997. Foresight, Complexity, and Strategy. *Pages 169-197 of* : Arthur, W. Brian, Durlauf, Steven, & Lane, David (eds), *The Economy as an Evolving Complex System*. Studies in the Sciences of Complexity, vol. XXVII, no. II. Santa Fe : Addison-Wesley.
- [1998] LeBer, Florence, Dury, Arnaud, Chevrier, Vincent, & Benoît, Marc. 1998. Simuler L'organisation Spatiale D'un Territoire Agricole : Différentes Approches. *In* : *Smaget*. Clermont-Ferrand : Cemagref.
- [1996a] Lenay, C. 1996a. Coopération et intentionnalité. *In* : *IAD et SMA : Actes Des Journées Francophones IAD SMA 96*. Hermès.
- [1996b] Lenay, C. 1996b. Perception et techniques de substitution senso-motrices. *In* : *Actes Du Colloque : "Mémoires, Inscriptions, Actions, Individuelles et Collectives" 22-26/01/96*. Compiègne : Centre de recherche de Royallieu.

- [1997] LePage, Christophe. 1997. Population Viability and Spatial Fish Reproductive Strategies in Constant and Changing Environments : An Individual-Based Modelling Approach. *Canadian Journal of Fishery and aquatic sciences*, **54**, 2235–2246.
- [1997] LeRoy, Etienne. 1997 (non publié). *A la Recherche Du Paradigme Perdu Du Foncier Pastoral Dans Les Sociétés Sahéliennes*.
- [1998] Lescuyer, Guillaume. 1998. Globalization of Environmental Monetary Valuation and Sustainable Development : An Experience in the Tropical Forest of Cameroon. *International journal of sustainable development*, **1**(1), 115–133.
- [1960] Lévi-Strauss, Claude. 1960. *Anthropologie structurale*. PLON.
- [1968] Lévi-Strauss, Claude. 1968. Introduction. In : Mauss, Marcel (ed), *Sociologie et Anthropologie*. PUF (4eme édition).
- [1985] Lewis, J.D., & Weigert, A. 1985. Trust as a Social Reality. *Social Forces*, **63**(4).
- [1998] Lieberman, Henry. 1998. Les Interfaces Utilisateurs Considérée Comme Système Multi-Agents. *Page 7 of* : Barthès, Jean-Paul, Chevrier, Vincent, & Brassac, Christian (eds), *Systèmes Multi-Agents de L'interaction À la Sociabilité*. Paris : Hermès.
- [1998] Lifran, Robert, LePage, Christophe, Bakam, Innocent, & Bousquet, François. 1998. Externalités de Voisinage, Communication Entre Agents et Pareto Optimalités - Etude Théorique et Par un SMA. In : *Smaget*. Clermont-Ferrand : Cemagref.
- [1995] Livet, P., & Reynaud, B. 1995. La Confiance Indécidable et Ses Versions En Économie. *Pages 208–222 of* : *Actes Du Séminaire Interdisciplinaire : "Confiance, Apprentissage et Anticipation Économique"*. Compiègne : Centre Benjamin Franklin, Université Technologique de Compiègne.
- [1983] Livet, Pierre. 1983. La Fascination de L'auto-Organisation. *Pages 165–170 of* : Dumouchel, Paul, & Dupuy, Jean-Pierre (eds), *L'auto-Organisation. De la Physique Au Politique*. Paris : Editions du Seuil, for Colloque de Cerisy 1982.
- [1995] Livet, Pierre. 1995. Conventions et rationalité limitée. *Pages 549–564 of* : Gérard-Varet, L.A., & Passeron, J.C.T (eds), *Le Modèle et L'enquête*. EHESS.
- [1989] Livet, Pierre, & Thévenot, Laurent. 1989. Les catégories de l'action collective. *Revue économique*, **L'économie des conventions**(spécial mars 89), 139–167.

- [1979] Luhmann, Niklas. 1979. *Trust and Power*. John Wiley and sons.
- [1988] Luhmann, Niklas. 1988. Familiarity, Confidence, Trust. *Pages 94- of* : Gambetta, Diego (ed), *Trust. Making and Breaking Cooperative Relations*. Oxford, NY : Basil Blackwell.
- [1989] Maes, Pattie. 1989. How to Do the Right Thing. *Connection Science Journal*, 1(3), 291-323.
- [1994] Maes, Pattie. 1994. Modeling Adaptive Autonomous Agents. *Artificial Life Journal*, Vol. 1, 135-162.
- [1971] Malinowski, B. 1971. *La sexualité et sa répression dans les sociétés primitives*. Paris : Petite bibliothèque Payot.
- [1999] Mangematin, Vincent. 1999. La Confiance : Un Mode de Coordination Dont L'utilisation Dépend de Ses Conditions de Construction. *Chap. 1, pages 31-56 of* : Thuderoz, Christian, Mangematin, Vincent, & Harrison, Denis (eds), *La Confiance. Approches Economiques et Sociologiques*. paris : gaetan morin éditeur.
- [1997] Manski, C. F. 1997. Identification of Anonymous Endogenous Interactions. *Pages 369-384 of* : Arthur, W. Brian, Durlauf, Steven, & Lane, David (eds), *The Economy as an Evolving Complex System*. Studies in the Sciences of Complexity, vol. XXVII, no. II. Santa Fe : Addison-Wesley.
- [1997a] Marie, Alain. 1997a. Du Sujet Communautaire Au Sujet Individuel. *Chap. 2, pages 53-110 of* : Marie, Alain (ed), *L'afriques Des Individus*. Paris, France : Karthala.
- [1997b] Marie, Alain. 1997b. *L'afriques Des Individus. Itinéraires Citadins Dans l'Afrique Contemporaine (Abidjan, Bamako, Dakar, Niamey)*. Paris, France : Karthala.
- [1994] Marsh, Stephen. 1994 (april). *Formalising Trust as a Computational Concept*. Ph.D. thesis, University of Stirling.
- [1997] Marsh, Stephen. 1997. A Community of Autonomous Agents for the Search and Distribution of Information in Networks. *Page 17 of* : *19th BCS-IRSG Colloquium on IR Research*.
- [1968] Mauss, M. 1968. *Sociologie et anthropologie*. Paris : PUF (4eme édition).
- [1986] Mauzé, M. 1986. Boas, Les Kwagul et Le Potlatch. Éléments Pour Une Réévaluation. *l'Homme*, XXVI (4)(100), 21-63.

- [1963] Mead, G.H. 1963. *L'esprit, le soi, la société*. PUF.
- [1988] Minsky, M. 1988. *La société de l'esprit*. Paris : Interéditions.
- [1990] Moigne, J.L. Le. 1990. *La Modélisation Des Systèmes Complexes*. Dunod.
- [1975] Monod, T. 1975. Introduction. *Pages 298–321 of* : Monod, Théodore (ed), *Les Sociétés Pastorales En Afrique. Etudes Présentées et Discutées Au XIIIème Séminaire International Africain, Niamey, Décembre 1972*. London, Ibadan, Nairobi : Oxford University Press.
- [1950] Monteil, C. 1950. Réflexions sur Le Problème Des Peuls. *Journal de la société des Africanistes*, **XX**(2), 153–192.
- [1994] Moritz, Mark. 1994. "A Hardé is a Pasture Where No Grass Grows or Water Infiltrates". *Pastoralists Perceptions of Pastures in North of Cameroon*. M.Phil. thesis, Université de Leiden, Pays Bas.
- [1998] Moss, Scott, Gaylard, Helen, Wallis, Steve, & Edmonds, Bruce. 1998. SDML : A Multi-Agent Language for Organizational Modelling. *Computational and Mathematical Organization Theory*, **4**(1), 43–70.
- [1996] Müller, J.P. 1996. *The Design of Autonomous Agents*. Lecture Notes in Artificial Intelligence, vol. 1177. Heidelberg : Springer-Verlag.
- [1994] Neno, F. 1994. Décrire L'interaction : Une Critique Pragmatique de la Théorie Des Jeux. *La Revue du MAUSS*, **A qui se fier ? Confiance, interaction et théorie des jeux**(4), 70–93.
- [1997] N'Gaide, Abdurahmane. 1997. Domination Politique et Influences Socioculturelles Des Mandingues sur Les Peuls Du Fuladu (Kolda-Sénégal). *Chap. 6, pages 147–164 of* : Bruijn, Mirjam De, & Dijk, Han Van (eds), *Peuls et Mandingues. Dialectique Des Constructions Identitaires*. Paris : Karthala.
- [1996] Ngaido, T., Nordblom, T., Gintzburger, & Osman, A. 1996. *From nomads to rangelands : a policy shift towards sustainable resource development in the Mashreq and and Maghreb countries*.
- [1999a] Niamir-Fuller, Maryam. 1999a. Conflict Management and Mobility Among Pastoralists in Karamoja, Uganda. *Chap. 8, pages 149–183 of* : Niamir-Fuller, Maryam (ed), *Managing*

- Mobility in African Rangelands. The Legitimization of Transhumance.* London : Intermediate Technollogy Publications Ltd.
- [1999b] Niamir-Fuller, Maryam (ed). 1999b. *Managing Mobility in African Rangelands. The Legitimization of Transhumance.* London : Intermediate Technollogy Publications Ltd.
- [1999c] Niamir-Fuller, Maryam. 1999c. Towards a Synthesis of Guidelines for Legitimizing Transhumance. *Chap. 11, pages 266–290 of :* Niamir-Fuller, Maryam (ed), *Managing Mobility in African Rangelands. The Legitimization of Transhumance.* London : Intermediate Technollogy Publications Ltd.
- [1986] Nicolas, Guy. 1986. *Don rituel et échange marchand dans une société sahélienne.* Paris : Institut d'ethnologie.
- [1997] Nicolle, A., & Jullien, Y. 1997. *Magica, une plateforme pour des agents cognitifs construisant leurs connaissances dans l'interaction.*
- [1996] Nicolle, Anne. 1996. L'expérimentation et l'intelligence artificielle. *Intellectica*, 1(22), 9–19.
- [1990] North, Douglass. 1990. *Institutions, Institutional Change and Economic Performance.* New-York : Cambridge University Press.
- [1989] North, Douglass C. 1989. Institutions and Economic Growth : An Historical Introduction. *World development*, 17(9), 1319–1332.
- [1994] O'Connor, Martin. 1994. Cherishing the Future, Cherishing the Other : A 'post-Classical' Theory of Value. *Pages 1045–1060 of : Modèles de Développement Soutenable. Des Approches Exclusives Ou Complémentaires de la Soutenabilité*, vol. II. Paris : C3E-Sorbonne, for Symposium international.
- [1994] Ogawa, R. 1994. Gaabyol et Kuuman : cohésione sociale et disparités économiques. *Cahier d'études africaines, L'Archipel Peul - XXXIV (1-3)(133-135)*, 281–293.
- [1990] Orléan, André. 1990. *Le Rôle Des Influences Interpersonnelles Dans la Détermination Des Cours Boursiers.* Tech. rept. 9001A. CREA.
- [1994] Orléan, André. 1994. Sur Le Rôle Respectif de la Confiance et de L'intérêt. *La revue du MAUSS, A qui se fier ? Confiance, interaction et théorie des jeux*(4), 17–36.

- [1990] Ostrom, Elinor. 1990. *Governing the Commons. The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge, GB : Cambridge University Press.
- [1994] Ostrom, Elinor. 1994. The rudiments of a theory of the origins, survival and performance of common-property institutions. *Pages 293–317 of : Making the Common Work*. San Francisco ICS.
- [1994] Ostrom, Elinor, Gardner, Roy, & Walker, James. 1994. *Rules, Games and Common-Pool Resources*. USA : The University of Michigan Press.
- [1997] Padgett, John F. 1997. The Emergence of Simple Ecologies of Skill. *Pages 199–221 of : Arthur, W. Brian, Durlauf, Steven, & Lane, David (eds), The Economy as an Evolving Complex System*. Studies in the Sciences of Complexity, vol. XXVII, no. II. Santa Fe : Addison-Wesley.
- [1995] Parisi, Domenico, Cecconi, Federio, & Cerini, Antonio. 1995. Kin-Directed Altruism and Attachment Behaviour in an Evolving Population of Neural Networks. *Chap. 12, pages 238–251 of : Conte, Rosaria, & Gilbert, Nigel (eds), Artificial Societies. The Computer Simulation of Social Life*. London : UCL Press.
- [1998] Parunak, H. Van Dyke, Savit, Robert, & Riolo, Rick L. 1998. Agent-Based Modeling vs Equation-Based Modeling : A Case Study and Users' Guide. *Pages 10–25 of : Jaime S. Sichman, Rosaria Conte, & Gilbert, Nigel (eds), Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation*. LNAI, vol. 1534. Berlin : Springer-Verlag.
- [1990] Paul R. Milgrom, Douglass C. North, Barry R. Weingast. 1990. *The Role of Institutions in the Revival of Trade : The Law Merchant, Private Judges and the Champagne Pairs*. Working Papers in Political Science, nos. P–90–1. Stanford, USA : Hoover institution.
- [1994] Pavé, A. 1994. *Modélisation En Écologie*. Aléas.
- [1983] Polanyi, K. 1983. *La Grande Transformation. Aux Origines Politiques et Économiques de Notre Temps*. Paris : Gallimard.
- [1995] Rao, Anand S., & Georgeff, Michael P. 1995. BDI : From Theory to Practice. *Pages 312–319 of : Lesser, Victor (ed), ICMAS 1995*. California, USA : AAAI press.
- [1998] Raymond, Eric S. 1998. Homesteading the Noosphere. novembre, 21.

- [1997] Requier-Desjardins, Mélanie. 1997. L'accès Aux Pâturages, Une Approche Économique de la Mobilité. *In : Actes Du Colloque Méga-Tchad, L'homme et L'animal Dans Le Bassin Du Lac Tchad*. Paris : Orstom.
- [2000] Requier-Desjardins, Mélanie. 2000. *Pas de Titre*. Ph.D. thesis, Université de Saint Quentin en Yvelines.
- [1996] Rouchier, Juliette. 1996 (juillet). *Le Potlatch : Une Modélisation Par Les Systèmes Multi-Agents*. M.Phil. thesis, DEA ETES, Université d'Orléans.
- [1998] Rouchier, Juliette, & Bousquet, Francois. 1998. Non-Merchant Economy and Multi-Agent System : An Analysis of Structuring Exchanges. *Pages 111–123 of : Jaime S. Sichman, Rosaria Conte, & Gilbert, Nigel (eds), Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation*. LNAI, vol. 1534. Berlin : Springer-Verlag.
- [1998] Rouchier, Juliette, & Requier-Desjardins, Mélanie. 1998. L'interdisciplinarité Pour la Modélisation Dans la Recherche-Développement. Compte-Rendu D'une Expérience En Cours, Une Application Au Pastoralisme Soudano-Sahélien. *Pages 193–204 of : Actes de SMAGET*. Clermont-Ferrand : CEMAGREF.
- [1998] Rouchier, Juliette, Barreteau, Olivier, & Bousquet, Francois. 1998. Evolution and Coevolution of Individuals and Groups. *Pages 254–260 of : Demazeau, Yves (ed), Proceedings of the Third International Conference on Multi-Agent Systems*. Los Alamitos, USA : IEEE.
- [1994] Santoir, C. 1994. Décadence et Résistance Du Pastoralisme. Les Peuls de la Vallée Du Fleuve Sénégal. *Cahier d'études africaines, L'Archipel Peul - XXXIV (1-3)(133-135)*, 231–263.
- [1999] Schillo, Michael, Funk, Petra, & Rovatsos, Michael. 1999. Who Can You Trust : Dealing with Deception. *Pages 95–106 of : Castelfranchi, Cristiano, Tan, Yao-Hua, Falcone, Rico, & Firozabadi, Babak Sadighi (eds), Deception, Fraud and Trust in Agent Societies*. Rome, Italy : National Research Council, for Workshop de Autonomous agents 99.
- [1995] Scholte, P., Kari, S., & Moritz, M. 1995. *The Involvement of Nomadics and Transhumance Pastoralists in the Rehabilitation and Management of the Logone Flood Plain, North Cameroon. (The Start of a Development Program)*. Tech. rept. Projet Waza-Logone, Maroua, Cameroun.

- [1987] Schutz, Alfred. 1987. *Le Chercheur et Le Quotidien*. Paris : Méridiens.
- [1999] Serban, Radu, & de Riet, Reind Van. 1999. Trusted Environment for Privacy Protection in Online Transactions. *Pages 107–116 of* : Castelfranchi, Cristiano, Tan, Yao-Hua, Falcone, Rico, & Firozabadi, Babak Sadighi (eds), *Deception, Fraud and Trust in Agent Societies*. Rome, Italy : National Research Council, for Workshop de Autonomous agents 99.
- [1984] Shakespeare, William. 1984. *Romeo and Juliet*. Cambridge : Cambridge University Press.
- [1995] Shehory, Onn, & Kraus, Sarit. 1995. Coalition Formation Among Autonomous Agents : Strategies and Complexity. *Pages 56–72 of* : Castelfranchi, C., & Müller, J.P. (eds), *From Reaction to Cognition*. Lecture Notes in Artificial Intelligence, no. 957. Heidelberg, ERG : Springer.
- [1993] Sichman, Jaime, Conte, Rosaria, Demazeau, Yves, & Castelfranchi, Cristiano. 1993. Reasoning About Others Using Dependence Networks. *In : Third Italian Workshop on Distributed Artificial Intelligence*. Rome : AI*IA.
- [1994] Sichman, Jaime S., Conte, Rosaria, Castelfranchi, Cristiano, & Demazeau, Yves. 1994. Social Reasoning Mechanism Based on Dependence Networks. *In : Proceedings of ECAI'94*.
- [1997] Sidibe, Hallasy, Diallo, Mamadou, & Barry, Coumbel. 1997. Pullaku et Crise D'identité : Le Cas Des Fulbe Wodeebe (Peuls Rouges) de la Région Lacustre de l'Issa-Ber Au Mali. *Chap. 9, pages 224–241 of* : Bruijn, Mirjam De, & Dijk, Han Van (eds), *Peuls et Mandingues. Dialectique Des Constructions Identitaires*. Paris : Karthala.
- [1991] Simon, Herbert A. 1991. *Sciences Des Systèmes. Sciences de L'artificiel*. Afcet Systèmes. Paris : Bordas.
- [1996] Singh, Munindar P. 1996. Commitments in the Architecture of a Limited, Rational Agent. *Pages 72–87 of* : Cavendon, Lawrence, Rao, Anand, & Wobcke, Wayne (eds), *Intelligent Agent Systems. Theoretical and Practical Issues*. Berlin : Springer, for Proceedings of PRICAI'96.
- [1973] Spencer, P. 1973. *Nomads in alliance. Symbiosis and growth among the Rendille and Samburu of Kenya*. Oxford University Press.

- [1994] Stanley, E. A., Ashlock, D., & Tesfatsion, Leigh. 1994. Iterated Prisoner's Dilemma with Choice and Refusal of Partners. *Pages 131–175 of* : Langton, C. (ed), *Artificial Life*, vol. XVII. Santa Fe : Addison-Wesley.
- [1999] Tan, Yao-Hua, & Thoen, Walter. 1999. Towards a Generic Model of Trust for Electronic Commerce. *Pages 117–126 of* : Castelfranchi, Cristiano, Tan, Yao-Hua, Falcone, Rico, & Firozabadi, Babak Sadighi (eds), *Deception, Fraud and Trust in Agent Societies*. Rome, Italy : National Research Council, for Workshop de Autonomous agents 99.
- [1995] Tanaka-Ishii, K., Noda, I., Frank, I., Nakashima, H., Hasida, K., & Matsubara, H. 1995. MIKE : An Automatic Commentary System for Soccer. *Pages 285–292 of* : *Actes de International Conference on Multi-Agents System (ICMAS) 1995*. MIT Press.
- [1998] Terna, Pietro. 1998. Simulation Tools for Social Scientists : Building Agent Based Models with SWARM. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 1(2), 9.
- [1997] Tesfatsion, Leigh. 1997. How Economists Can Get Alife. *Pages 533–564 of* : W. Brian Arthur, Steven Durlauf, & Lane, David (eds), *The Economy as an Evolving Complex System*, vol. XXVII. Santa Fe : Addison-Wesley.
- [1990] Thébaud, B. 1990. Politiques D'hydraulique Pastorale et Gestion de L'espace Au Sahel. *cahier des sciences humaines de l'Orstom*, **26-Société Pastorales et Développement**(1-2), 13–31.
- [1995] Thébaud, B. 1995. *Foncier, dégradation des terres et désertification en Afrique : réflexions à partir de l'exemple du Sahel*. Programme Zones Arides, no. 57. London : IIED.
- [1995] Thévenot, L. 1995. Rationnalité ou normes sociales : une opposition dépassée? *Pages 149–189 of* : Gérard-Varet, L.A., & Passeron, J.C.T (eds), *Le Modèle et L'enquête*. Paris : EHESS.
- [1994] Thimbleby, H., Marsh, S., Jones, S., & Cockburn, A. 1994. Trust in CSCW. *Chap. 16, pages 253–271 of* : Scrivener, S. (ed), *Computer Cupported Cooperative Work*. Ashgate Publishing.
- [1999] Thuderoz, Christian, Mangematin, Vincent, & Harrison, Denis (eds). 1999. *La Confiance. Approches Économiques et Sociologiques*. Paris : Gaëtan Morin.

- [1993] Toulmin, C. 1993. *Combatting Desertification : Setting the Agenda for a Global Convention*. Dryland Networks Programme Issue Paper, no. 43. London : IIED.
- [1990] Toure, Oussouby. 1990. *Ngaynaaka Majji : La Perte Des Pratiques Pastorales Dans Le Ferlo (Nord Sénégal)*. Programme Réseaux Des Zones Arides, vol. 22. London : IIED - International Institute for Environment and development.
- [1995] Treuil, Jean-Pierre. 1995. Emergence of Kinship Structures : A Multi-Agent Approach. *Chap. 4, pages 59–85 of* : Conte, Rosaria, & Gilbert, Nigel (eds), *Artificial Societies. The Computer Simulation of Social Life*. London : UCL Press.
- [1999] Turner, Matthew D. 1999. The Role of Social Network, Indefinite Boundaries and Political Bargaining in Maintaining the Ecological and Economic Resilience of the Transhumance Systems of Sudano-Sahelien West Africa. *Chap. 5, pages 97–123 of* : Niamir-Fuller, Maryam (ed), *Managing Mobility in African Rangelands. The Legitimization of Transhumance*. London : Intermediate Technology Publications Ltd.
- [1996] Uzzi, Brian. 1996. The Sources and Consequences of Embeddness for the Economic Performance of Organizations : The Network Effect. *American sociological review*, **61**(August), 674–698.
- [1997] Uzzi, Brian. 1997. Social Structure and Competition in Interfirm Networks : The Paradox of Embeddedness. *Administrative Science Quartely*, **42**, 35–67.
- [1993] Varela, F., Thompson, E., & Rosch, E. 1993. *L'inscription Corporelle de L'esprit - Sciences Cognitives et Expérience Humaine*. Seuil.
- [1970] Veblen, T. 1970. *La théorie de la classe de loisir*. Paris : TEL Gallimard.
- [1972] Watzlawick, P., Helmick, B.J., & Jackson, D.D. 1972. *Une logique de la communication*. Point seuil.
- [1979] Weber, J. 1979. Logiques Paysannes et Rationnalité Technique : Illustration Camerounaise. *In : Actes Du Colloque de Ouagadougou 1978*.
- [1985] Weber, J. 1985. C=R-I, My God, My Gold ! (Réflexion sur la Porte Du Concept de Consumption). *revue du MAUSS*, **13**.

- [1992] Weber, Jacques. 1992. Environnement, Développement et Propriété. Une Approche Épistémologique. In : Prades, J., & Vaillancourt, G. (eds), *Environnement, Développement, Ethique*. Montréal : Fides.
- [1993] Weicker, Martin. 1993. *Nomades et Sédentaires*. Etudes et Recherches, nos. 139–140. Dakar : Enda-Editions.
- [1997] Welte, T. 1997. La Grande Transhumance. *Chap. 4, pages 77–107 of* : Bierschenk, T., & Meur, P.Y. Le (eds), *Trajectoires Peules Au Bénin*. Paris : Karthala.
- [1999] Wen, Wu, & Mizogushi, Fumio. 1999. An Authorization-Based Trust Model for Electronic Commerce. *Pages 127–138 of* : Castelfranchi, Cristiano, Tan, Yao-Hua, Falcone, Rico, & Firozabadi, Babak Sadighi (eds), *Deception, Fraud and Trust in Agent Societies*. Rome, Italy : National Research Council, for Workshop de Autonomous agents 99.
- [1994] Williamson, Oliver E. 1994. *Les Institutions de L'économie*. Paris : Inter Editions.
- [1998] Williamson, Olivier E. 1998. Human Actors and Economic Organization. In : *ISNIE98*.
- [1951] Wittgenstein, Ludwig. 1951. *De la Certitude*. Gallimard.
- [1999] Wong, H. Chi, & Sycara, Katia. 1999. Adding Security and Trust to Multi-Agent Systems. *Pages 149–162 of* : Castelfranchi, Cristiano, Tan, Yao-Hua, Falcone, Rico, & Firozabadi, Babak Sadighi (eds), *Deception, Fraud and Trust in Agent Societies*. Rome, Italy : National Research Council, for Workshop de Autonomous agents 99.
- [1990] Yamamoto, Yutaka. 1990. A Morality Based on Trust : Some Reflections on Japanese Morality. *Philosophy East and West*, **40**, 451–469.
- [1998] Zunga, Quinton, Vagnini, Antoine, LePage, Christophe, Touré, Ibra, Lieurain, Emmanuel, & Bousquet, François. 1998. Coupler Systèmes d'Information Géographique et Systèmes Multi-Agents Pour Modéliser Les Dynamiques de Transformation Des Paysages. Le Cas Des Dynamiques Foncières de la Moyenne Vallée Du Zambèze (Zimbabwe). In : *Smaget*. Clermont-Ferrand : Cemagref.