

# CONSENSUS ATTEINT ENTRE DES CARTES PAYSANNES INDIVIDUELLES POUR LA GESTION CONCERTÉE DES RESSOURCES NATURELLES À MADAGASCAR

*par Dominique Hervé*

IRD – UMR GRED 200

UPV, Rue du Prof. Henri Serre, Route de Mende, 34199 Montpellier Cedex 5, France

dominique.herve@ird.fr

*Jean-Hyacinthe Ramarason*

Ecole doctorale Modélisation Informatique

Université de Fianarantsoa, Fianarantsoa, Madagascar

ramjhyac@yahoo.fr

*et Florence Le Ber*

ENGEES, 1 quai Koch, BP 61039, 67070 Strasbourg, France

Florence.leber@engees.unistra.fr

---

*Le transfert de la gestion de forêts malgaches du Ministère des Eaux et Forêts aux communautés locales s'est accompagné d'une cartographie des territoires à conserver établie principalement par des organisations non gouvernementales à l'aide de systèmes d'information géographique. La gestion concertée des ressources forestières implique un niveau de consensus entre les usagers et une capacité de négociation avec les parties prenantes des contrats de transferts de gestion et avec les ONG qui interviennent souvent en appui. Pour que les paysans utilisateurs des forêts s'impliquent réellement dans le processus de conservation, des ONG ont recours à des « cartes participatives » qui sont avant tout des cartes élaborées collectivement. La communication ou la concertation entre cartes paysannes et cartes élaborées par les ONG sous SIG est essentielle pour faire de ces cartes un support des actions de conservation et d'aménagement du territoire. L'élaboration de cartes collectives à partir de cartes paysannes individuelles à main levée est explorée avec un outillage informatique en représentation des connaissances afin de révéler la face cachée de ces cartes participatives. Des cartes individuelles tracées à la main sur feuille blanche par des paysans de statuts variés sont collectées dans des villages limitrophes de la forêt humide de l'est malgache. La manière dont ces paysans pensent leur territoire traduit leur statut social et foncier. Elle transparait également à travers les orientations, les distances, l'occupation du sol et les limites des entités administratives auxquelles ils appartiennent. Puis des cartes sont recomposées à différents niveaux de consensus, à partir de ces cartes individuelles, qualitatives, en faisant appel au formalisme des graphes conceptuels et des treillis de Galois. La transformation de cartes en graphes permet, en combinant ces graphes, de comparer des cartes entre elles. La fusion des connaissances spatiales opérée par le treillis de Galois est appliquée à la fusion de points de vue proches sur un territoire, tels qu'ils apparaissent dans les cartes individuelles. Cela permet de formaliser différents niveaux de consensus entre ces cartes individuelles et de mesurer le chemin qui reste à parcourir pour parvenir à une carte du territoire villageois appropriée car compréhensible par tous, qui aide ainsi les paysans à être reconnus comme gestionnaires des forêts.*

*Mots clés : carte participative, forêt, transfert de gestion, ontologie, graphe conceptuel*

La conservation des ressources naturelles à Madagascar a connu un basculement lorsque la gestion des ressources naturelles fut transférée aux communautés locales des usagers de ces ressources. Dans le cas des forêts, ces transferts de gestion ont décuplé l'effort de mise en réserve de portions du

domaine forestier national en Parcs nationaux avec diverses modalités de protection (catégories UICN). Localement, les forêts soumises à des transferts de gestion sont délimitées sur des cartes qui accompagnent le document contractuel de création d'une COBA (Communauté de base) signé par le

Ministère des Eaux et Forêts, la direction de la COBA et, dans certains cas, le maire de la commune à laquelle appartient le territoire de la COBA. Ces cartes sont la plupart du temps élaborées par des ONG qui viennent en appui au processus de transfert de gestion, à l'aide de systèmes d'information géographique. Dans le cas des forêts humides de l'est malgache, nous nous posons la question de l'utilisation de ces cartes par les paysans des COBA : ces cartes sont-elles lues, comprises et utilisées comme supports des actions de conservation ?

L'engagement effectif des usagers dans la conservation des forêts est un objectif affiché par les ONG de conservation. Pour parvenir à cette mobilisation, ces ONG ont un certain engouement (Blanc-Pamard, Fauroux 2004) pour les « cartes participatives » (Burini 2007, 2009 ; Palsky 2010) qui sont avant tout des cartes élaborées collectivement, et qui permettent de recueillir une information spatialisée en relativement peu de temps. Cette catégorie regroupe une grande variété de modalités de collecte qui sont rarement décrites ou explicitées : carte à main levée, carte à dire d'acteurs (Clouet 2000 ; Touré *et al.* 2003), carte paysanne (fig. 1, Hervé *et al.* 2013).

Une fois l'exercice de « cartographie participative » terminé, les informations sont recueillies, copiées, traduites, et le produit cartographique obtenu qui a servi avant tout au recueil des données n'est pas valorisé en tant que tel et rarement réutilisé. La carte qui a servi d'instrument de communication n'a pas le statut d'une synthèse, datée, en particulier parce que les conditions d'obtention de ce consensus n'ont pas été explicitées, et le niveau de consensus atteint n'est pas non plus caractérisé. La qualité des membres de la communauté qui ont contribué à l'élaboration de cette carte est rarement enregistrée. Comment s'élabore cette carte collective ? Par qui ? Des autorités, des représentants ayant droit à la parole, car tout le monde ne s'exprime pas, des clans, des paysans, des femmes ? Et finalement, pour qui ?

La carte élaborée par les ONG permet de marquer la création d'un transfert de gestion et de localiser ses limites. C'est un document opposable aux bailleurs, au Parc de Ranomafana proche, au maire de la commune d'appartenance. La carte paysanne du territoire villageois est censée positionner le territoire de la COBA dans l'ensemble du territoire villageois et représenter le point de vue des usagers aux opérateurs des Eaux et Forêts ou des ONG de conservation. En réalité, les paysans n'ont pas besoin de cartes pour se localiser ni pour communiquer entre eux sur les lieux, les limites, les interdits.

Dans le contexte du transfert de gestion, la question

se pose de la perception et des représentations de la forêt par les membres des COBA : qu'est-ce que la forêt ? Quelles sont les limites actuelles et passées de la forêt ? Quelles sont les limites de la forêt protégée (selon différents statuts de conservation, dont les contrats de transfert de gestion) ? Comment utiliser une carte pour localiser les infractions (coupe, feu de défriche, prélèvements non autorisés) et les incursions dans le domaine préservé, et être ainsi en mesure d'établir un constat d'infraction ? La carte est donc exigée par les autorités de tutelle, les ONG et les bailleurs, dans l'établissement des transferts de gestion. Cette carte, élaborée sur un système d'information géographique (Chambers 2006), très généralement par une ONG d'appui au processus de transfert de gestion, ne semble pas être utilisée ensuite pour un suivi et ou une réactualisation après chaque bilan du transfert de gestion, prévu normalement tous les 3 ans.

Nous partons d'une approche théorique, différente du point de vue de l'ONG opérateur du développement, qui consiste à construire une carte consensuelle, à un certain niveau de consensus atteignable, à partir des représentations individuelles de chaque acteur-paysan. Afin de manipuler ces cartes, nous utilisons des outils de représentation des connaissances, les graphes conceptuels (Chein, Mugnier 1996) et des treillis de Galois (Ganter et Wille 1997) : les cartes sont modélisées sous forme de graphes qui peuvent être ensuite manipulés, comparés, combinés et fusionnés.

Trois objectifs sont donc proposés :

- Reconstruire une carte consensuelle à partir de la confrontation des points de vue exprimés dans des cartes individuelles ;
- Trouver un outillage informatique permettant de manipuler ces cartes : deux à deux puis dans un nombre compris entre 2 et 5 pour comparer des villages et des catégories d'acteurs ;
- Simuler des cartes consensuelles résultant d'un degré choisi de consensus.

Pour comprendre comment s'élabore cette carte collective, nous repartons de cartes individuelles tracées à la main sur feuille blanche par des paysans de statuts variés au sein des villages limitrophes de la forêt humide de l'est malgache. Puis des cartes collectives sont recomposées à partir de ces cartes individuelles, à différents niveaux contrôlés de consensus, en ayant recours au formalisme des graphes conceptuels. Cette manipulation de cartes qualitatives par des graphes permet de mesurer des ressemblances ou disparités entre cartes et de fusionner des cartes proches. Les enseignements de cette exploration mathématique,

Carte tracée sur feuille blanche (ou « carte à main levée ») par une seule personne, sur une table ou une natte posée au sol (sur un plan horizontal).

Carte tracée au sol, ou dans le sable, avec un bâton, par une ou plusieurs personnes (sur un plan horizontal).

Carte dessinée sur support vertical (tableau noir, panneau sur trépied, mur), par une ou plusieurs personnes (sur un plan vertical).

Figure 1 : Supports des cartes participatives

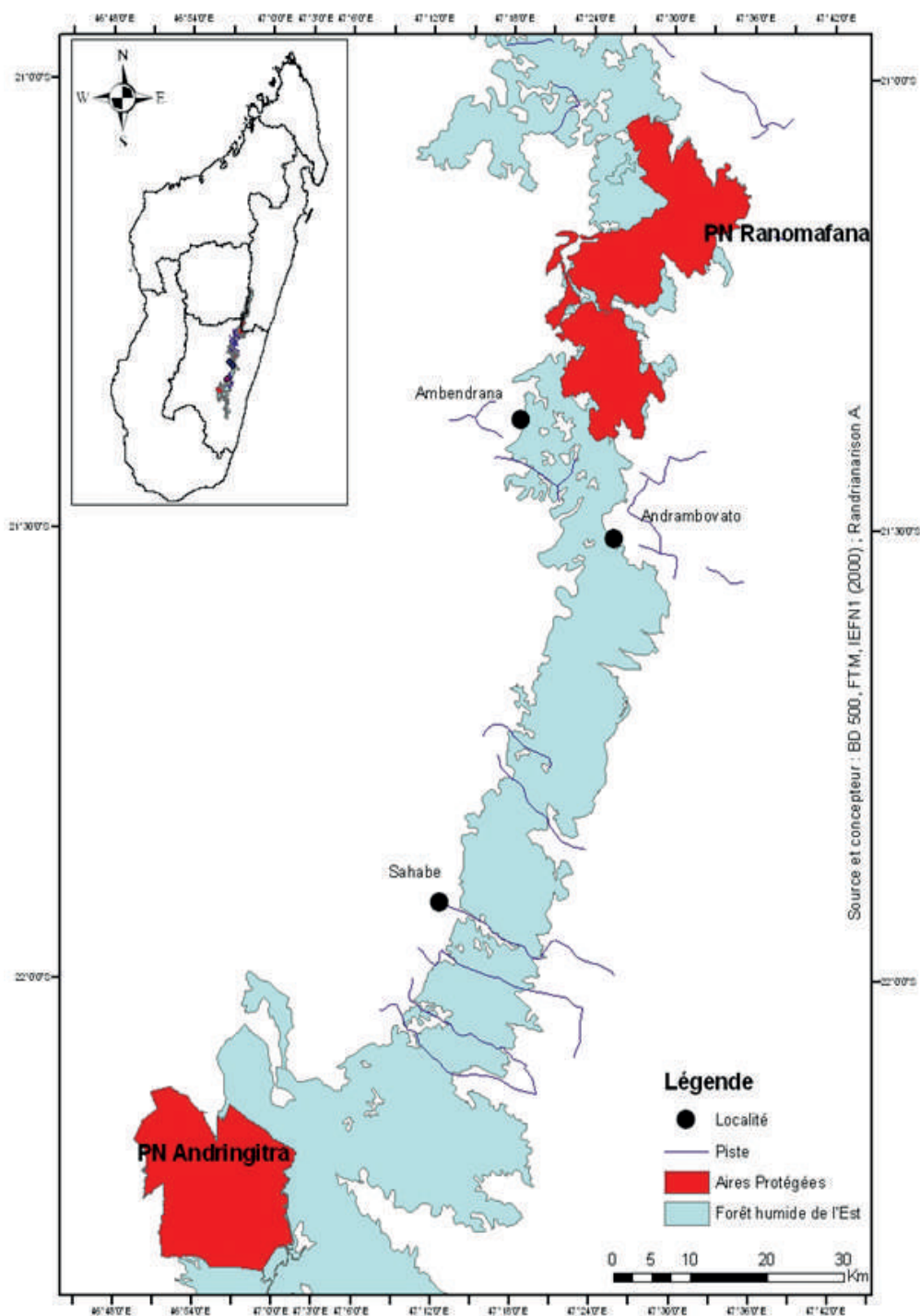


Figure 2 : Localisation des trois villages enquêtés du corridor forestier de Fianarantsoa

exposés en conclusion, contribuent à révéler la face cachée des cartes participatives.

## Méthodologie

La réalisation de jeux de territoire en lisière de forêt humide malgache (Ramaroson 2008 ; Lardon *et al.* 2006 ; Toillier 2009) avait mis en évidence la participation inégale des acteurs paysans, femmes et hommes, dans les trois sites repris ultérieurement d'Ambendrana, Andrambovato / Ambalavero et Sahabe, de part et d'autre du corridor forestier à l'est de Fianarantsoa (fig. 2).

Les enquêtes qui accompagnaient la collecte des cartes paysannes, datent des années 2010-2011. La réalisation « assistée » selon un protocole commun de cartes paysannes individuelles, cartes à main levée sur feuille blanche, chez 24 paysans (8 à Ambendrana, 7 à Sahabe et 9 à Andrambovato) était la première étape d'un processus de formation comportant 4 phases (fig. 3, Hervé *et al.* 2013), dont nous ne commentons ici que la première phase.

Ces enquêtes (Phase 1) ont produit des cartes « paysannes », qui ne sont ni des cartes « mentales » (Downs, Stea 1973), ni des cartes « cognitives » car leur fabrication est encadrée, et il s'agit bien d'une cognition située (Brassac, Grégori 2003 ; Brassac, Le Ber 2006 ; Barbéris, Manes-Gallo 2007) ; ce sont des cartes « qualitatives » qui ne sont pas superposables, car elles ne sont pas fabriquées sur un fonds de carte commun ou simplement une maille commune. En effet, il n'y a pas de métrique commune imposée au départ, en dehors de la taille de la feuille blanche, permettant de les superposer. Nous n'aurons donc pas recours à des outils statistiques basés sur des distances (Cauvin 1984, 1999) permettant de comparer et de superposer, mais à des notions de positionnement et de distance relatifs, qui sont classiques en modélisation spatiale qualitative (Le Ber *et al.* 2007 ; Chevriaux 2008). Ce choix de la feuille blanche initiale impose que le positionnement dans l'espace fasse partie de l'exercice et ne soit donné pour acquis par un fond de carte explicite.

## Résultats

### Dessin des cartes à main levée

Le protocole du dessin de la carte ne peut démarrer sans résoudre auparavant la question de l'orientation de la feuille blanche, et c'est l'enquêté qui situe dans un premier temps les points cardinaux, Nord, Sud, Est, Ouest. En second lieu, la page n'est pas

totallement blanche puisque le point de départ est imposé, avec la marque au centre de la feuille du nom du village où a lieu l'enquête et le nom du chef-lieu de district, réunis par un trait symbolisant un chemin. Ce centrage est apparu nécessaire alors qu'il n'était pas programmé au départ, pour caler l'ensemble des dessins par rapport à une référence commune et résoudre le problème du positionnement sur la feuille blanche.

Ensuite, on observe que le remplissage de la feuille se fait par les chemins et pistes reliant des lieux nommés, par des limites de zones tracées par exclusion, le trait passant entre ce qui est considéré dedans et ce qui est considéré dehors. Puis, ce sont les rizières et rivières avant les points hauts et les sommets, ce qui vérifie bien la structuration du paysage agraire, d'abord par l'aménagement des bas-fonds en rizières, puis par la défriche des versants. Le proche est distingué du loin en durée de trajet beaucoup plus qu'en distance. L'occupation du sol distingue, après les rizières, les forêts et les boisements, et dans certaines représentations des parcelles lorsque l'accès au foncier est présenté comme un enjeu. L'ordre de description suivi en général est le suivant : *villages, chemins, rivières, rizières, sommets, boisements, forêts*. Les limites administratives, fokontany (plus petite structure administrative malgache incluse dans la commune), commune, viennent en dernier. Le dessin ne respecte pas clairement l'échelle et les instructions d'utilisation de certaines couleurs pour désigner certains objets n'ont pas été en général respectées.

Les cartes obtenues sont toutes orientées suivant les points cardinaux, mais très différentes en densité d'informations et en centres d'intérêt, suivant le statut de leur auteur, paysan, autorité communale, instituteur. La carte d'Ambendrana (fig. 4) se distingue des autres car elle montre l'autorité de l'instituteur, qui représente l'« instruit » par excellence. Les cartes d'Ambalavero (fig. 5, 6, 7) ont comme point commun la ligne de chemin de fer qui passe en amont du fokontany. Les différences de densité et précision d'informations et d'habileté à dessiner s'expliquent par le niveau d'instruction et la connaissance particulière du terroir par le guide (fig. 5). La carte du roi (fig. 6) se distingue de toutes les autres par l'absence de citation du nom du village (information non nécessaire pour l'enquêté), son centrage sur la rizière irriguée dont la plus grande partie des parcelles sont la propriété du roi, qui les met en valeur avec une main d'œuvre sous sa dépendance, et la localisation précise des sites sacrés. Par contre la forêt n'apparaît pas sur le dessin. La carte dessinée par un agriculteur (fig. 7) situe avant tout sa propre exploitation dans le territoire du fokontany

- Phase 1: dessin d'une carte à main levée ;
- Phase 2: apprentissage de la lecture d'une carte topographique incluant la commune concernée ;
- Phase 3: correction de cartes sur transparent apposé sur la carte antérieure ;
- Phase 4: classement entre supports cartographiques, selon leur compréhension et leur utilité.

Figure 3 : Etapes de la formation à l'utilisation des cartes

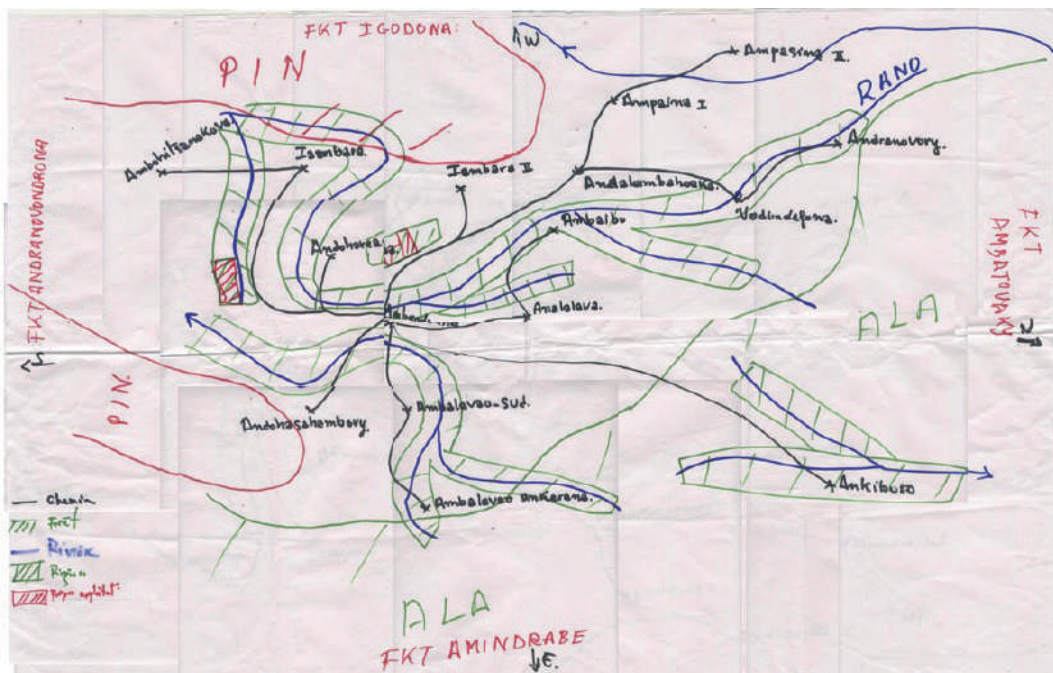


Figure 4 : Carte de l'instituteur de l'école primaire d'Amendrana (FKT=fokontany, ALA=forêt, PIN=plantation de pins, RANO=rivière)

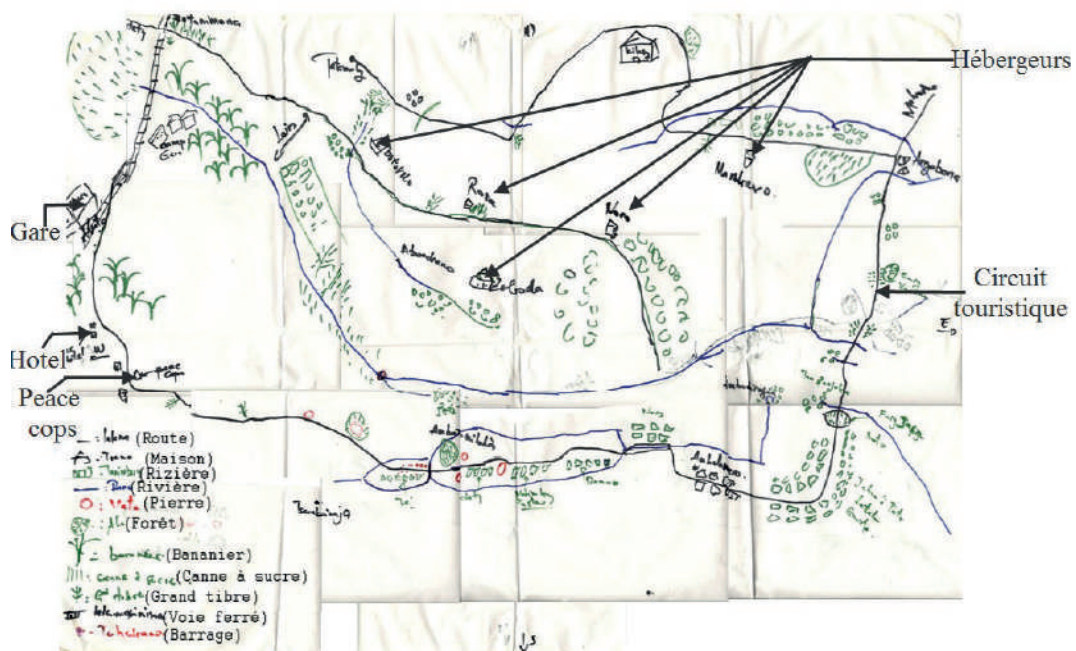


Figure 5 : Carte du guide d'Ambalavero (les flèches sont surimposées sur la carte originelle par l'observateur)

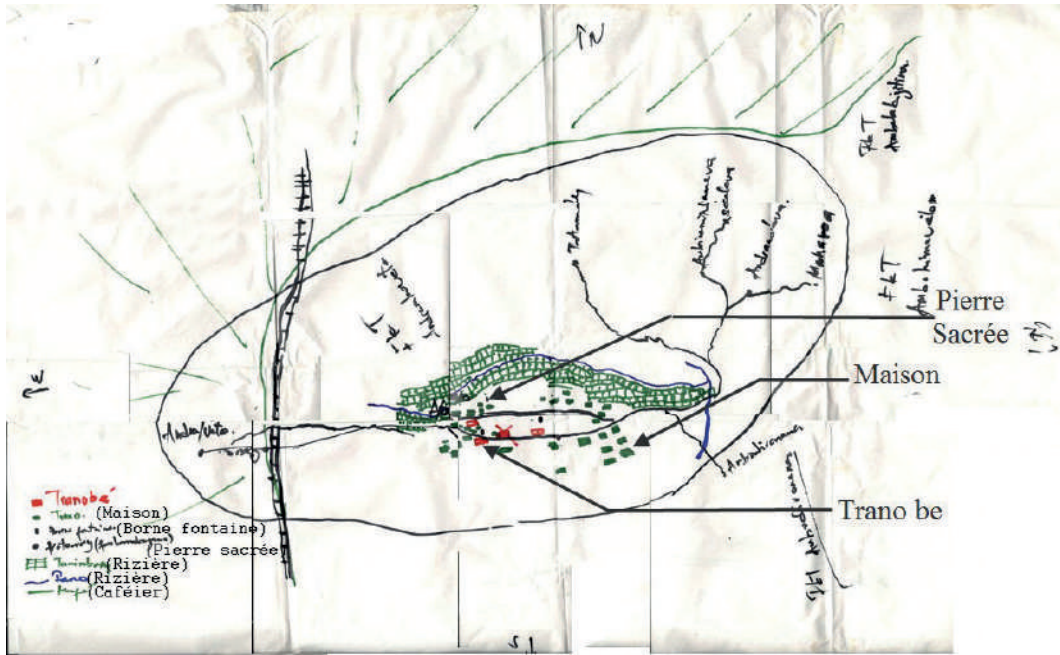


Figure 6 : Carte du roi d'Ambalavero

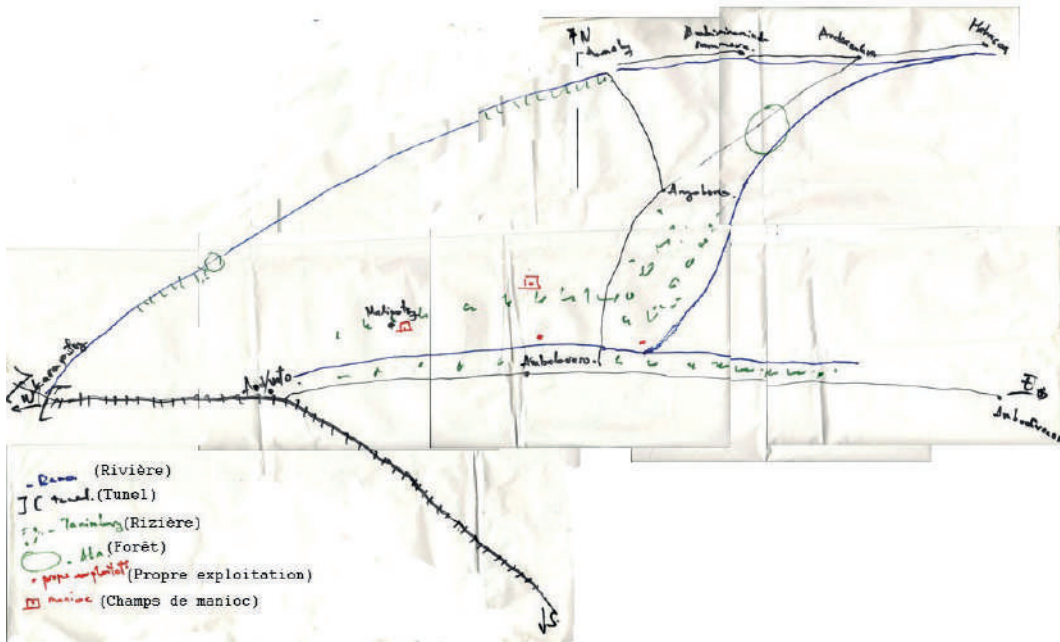


Figure 7 : Carte d'un agriculteur d'Ambalavero

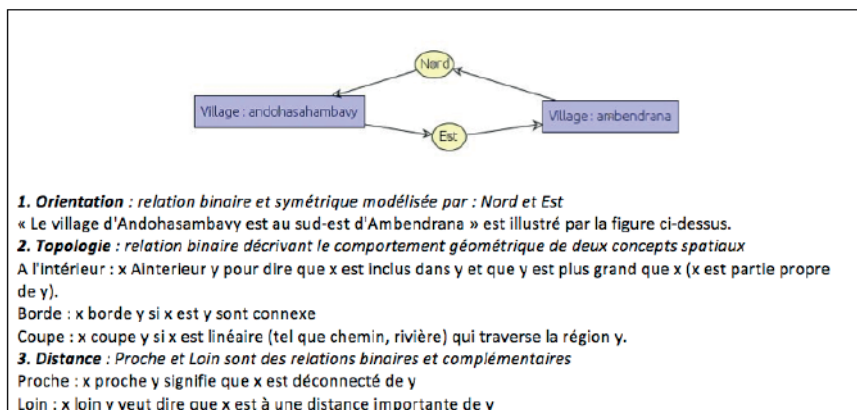


Figure 8 : Catégories spatiales relatives

d'Ambalavero. Les cartes de l'instituteur, du guide, du roi et du paysan révèlent la position sociale, l'emprise sur le foncier, le niveau d'instruction et les connaissances « expertes » préalables de l'enquêté, mais également une perception très différente de la forêt mature à préserver (*Ala*).

Deux résultats sont importants à souligner.

(1) Le paysage humain et habité est cité et décrit en premier avant le paysage physique, hydrologique ou altitudinal. Les villages sont nommés et reliés entre eux par des traits symbolisant les pistes qui les relient. Nous avons découvert que même les paysans analphabètes ne pouvaient décrire leur village qu'en écrivant son nom. Il est significatif de constater que la délimitation se fait par les noms et toponymes, plutôt que par la topologie. Ainsi, les limites sont définies non par les lieux physiques mais par les lieux habités et les noms des villages. C'est ce qui apparaissait aussi dans la phase 3 du protocole d'enquête, avec la correction des cartes par l'actualisation des nouveaux villages, plus récents, sur des cartes topographiques déjà très anciennes.

(2) Six entités spatiales communes sont citées par les différents enquêtés individuels, quel que soit leur statut et l'ordre dans lequel elles sont citées : villages, chemins, rivières, rizières, plantations, forêts, en dehors des limites des Fokontany qui ne sont pas signalées par tous. Ces catégories similaires nous seront très utiles pour combiner les cartes par la suite.

## Préalables conceptuels

### La transformation de cartes en graphes requiert de formaliser

La transformation de cartes en graphes requiert de formaliser au préalable les catégories spatiales relatives (fig. 8), révélées dans les dessins paysans, l'orientation, la topologie et la distance, puis de construire une ontologie à partir des représentations paysannes apparues dans les cartes.

Le modèle des graphes conceptuels a été développé par Chein et Mugnier (1996) pour modéliser et manipuler des connaissances qualitatives. L'écriture d'un graphe conceptuel combine des sommets-concepts et des sommets-relations. Par exemple le graphe conceptuel : [Crête] > (Sur) > [Montagne] représente les sommets-concepts (Crête, Montagne) par des crochets et les sommets-relations (Sur) par des parenthèses.

## Construction d'une ontologie

Les mots et les relations explicités dans les dessins paysans sont regroupés dans une base de

connaissances (ou ontologie) de concepts spatiaux. Par exemple, la base de connaissances du territoire villageois d'Ambendrana distingue trois classes de concepts spatiaux, l'occupation du sol, le relief et la structure administrative (fig. 9).

## De la carte au graphe

Pour transformer la carte dessinée, qualitative, en graphe, la carte est considérée comme un ensemble de points reliés à d'autres points. Les termes génériques représentés en hiérarchie servent à étiqueter les sommets des graphes transcrivant les cartes (fig. 10, fig. 11).

Les Sommets Concepts sont définis à partir du classement hiérarchique de ces concepts spatiaux (fig. 10) et regroupés dans l'ensemble C : C = {Montagne, Commune, Village, Fokontany, Forêt, Forêt Primaire, Boisement, Chemin, Rivière, Rizière}

Les Sommets Relations utiles sont définis à partir des trois catégories spatiales relatives (fig. 8, fig. 11) et regroupés dans l'ensemble R : R = {Nord, Est, Borde, Coupe, intérieur, Loin, Proche}

Un graphe conceptuel a deux sortes de sommets, les sommets-concepts et les sommets-relations. Un concept est toujours relié à une relation par un arc. Les sommets-concepts symbolisent des entités, attributs, états ou événements. Les sommets-relations symbolisent les liens existant entre les concepts. Sur ces bases, une carte totalement qualitative peut être transformée en graphe (fig. 12).

## Treillis de Galois pour la combinaison de graphes

La combinaison de cartes permet d'approcher les recombinaisons de cartes individuelles en cartes collectives. On passe pour cela de la combinaison de cartes à la combinaison de deux ou plus de deux graphes. Le formalisme des treillis de Galois ou treillis de concepts formels (Ganter, Wille 1997) est appliqué aux graphes conceptuels (Ramaroson *et al.* 2013) en assumant que chaque concept formel () rassemble des paysans et leur point de vue commun sous la forme d'un graphe. Par exemple, le couple (p1; p2; G12) forme un concept formel de deux paysans p1 et p2 et leur point de vue commun G12 (fig. 13). Plusieurs travaux existent sur la fusion des connaissances par les treillis (Bloch *et al.* 2001 ; Assaghir *et al.* 2010) et la fusion de connaissances spatialisées (Trung 2005). La fusion de points de vue sur le territoire est obtenue ici par la recherche d'un sous-graphe commun maximum à un ensemble de graphes. On considère un ensemble de graphes comme un ensemble G

**1. Occupation du sol** : la couverture biophysique de la surface des terres émergées

- 1.1 Champs : Usage agricole de la terre
  - 1.1.1 Rizière : Champs de culture de riz
    - 1.1.1.1 : Rizière\_Forêt : Rizière dans la forêt (étroite et encaissée)
    - 1.1.1.2 : Rizière\_Plaine : Rizière qui n'est pas dans la forêt (étendue)
  - 1.1.2 Autres\_Cultures : Champs où on cultive autre chose que le riz
- 1.2 Forêt : Espace naturel couvert par un peuplement d'arbres
  - 1.2.1 Boisement : Espace où des arbres ont été plantés
    - 1.2.1.1 Eucalyptus : Boisement d'eucalyptus
    - 1.2.1.2 Pin : Boisement de pin
  - 1.2.2 Forêt\_Primaire : Forêt naturelle
    - 1.2.2.1 Parc\_National : Portion de forêt primaire gérée par des opérateurs économiques
    - 1.2.2.2 COBA : Portion de forêt primaire gérée par la communauté de base
      - 1.2.2.2.1 Forêt Interdit : Forêt COBA avec interdiction d'exploitation
      - 1.2.2.2.2 Droit Usage : Forêt COBA avec droit d'usage pour satisfaire les besoins primaires des paysans
- 1.3 Rivière : Cours d'eau traversant le territoire
- 1.4 Chemin : Voie publique pour accéder à un village

**2. Relief** : Dénivellation dans le territoire

- 2.1 Montagne : Importante élévation de terrain

**3. Structure administrative** : Groupement de territoires villageois dirigé par un chef

- 3.1 Commune : Ensemble de plusieurs fokontany dirigé par un maire (Maire d'une commune)
- 3.2 Fokontany : Quartier administratif, qui est la plus petite entité politico-administrative dotée de pouvoirs exécutifs et législatifs, dirigé par un président (Président d'un fokontany)
- 3.3 Village : Formé par un ou plusieurs hameaux mené par un chef
  - 3.3.1 Village\_Forêt : Village se situant à l'intérieur de la forêt primaire
  - 3.3.2 Village\_Lisière : Village se trouvant à la lisière de la forêt primaire
  - 3.3.3 Village\_Plaine : Village situé ni à la lisière ni dans la forêt primaire

Figure 9 : Base de connaissance du village d'Ambendrana

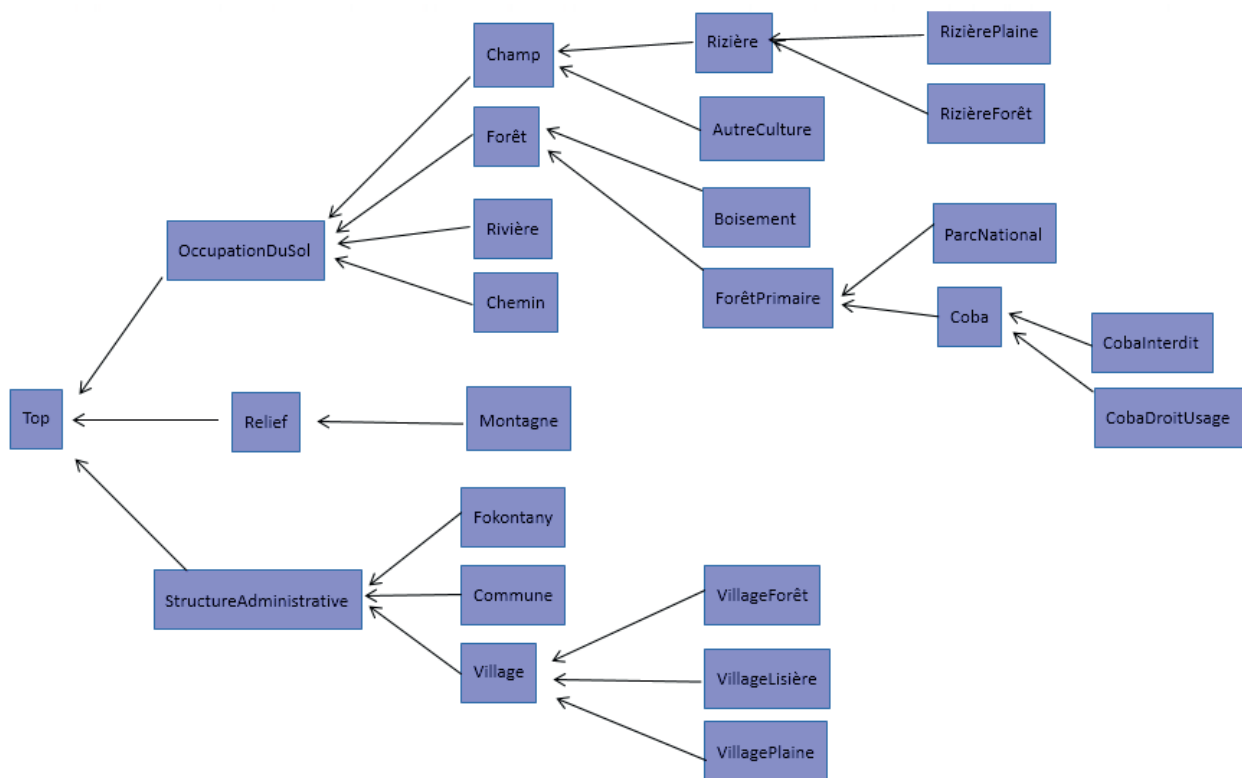


Figure 10 : Hiérarchie des concepts

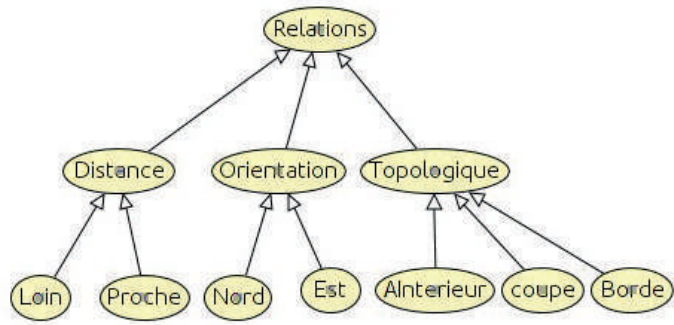


Figure 11 : Hiérarchie des relations

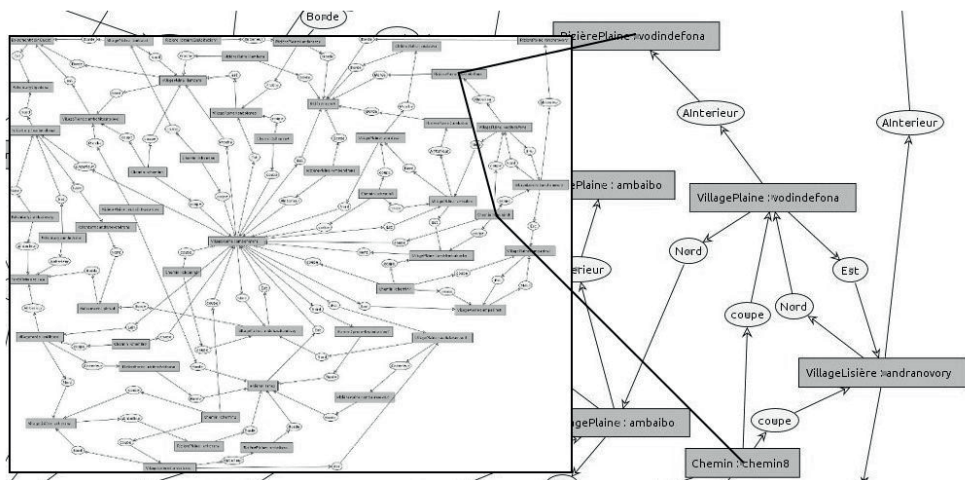


Figure 12 : Transcription d'une carte dans un graphe

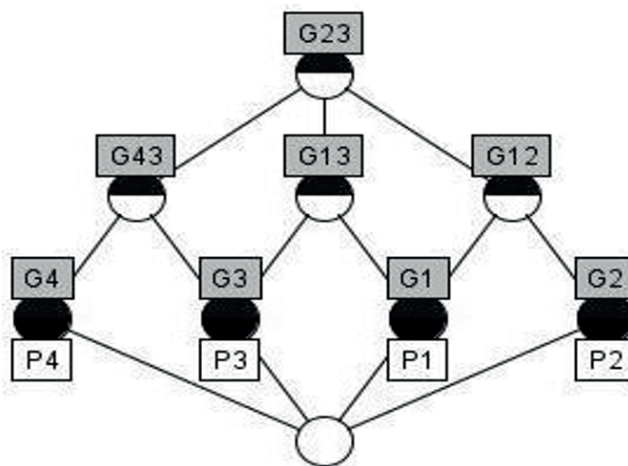


Figure 13 : Concepts formels

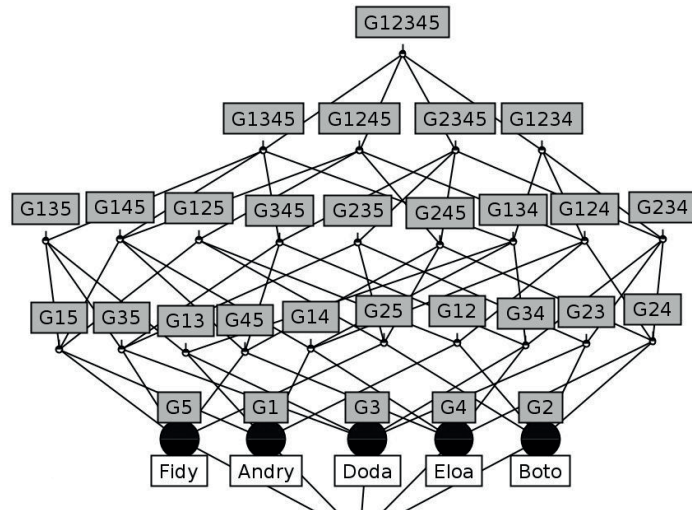


Figure 14 : Treillis de 5 graphes

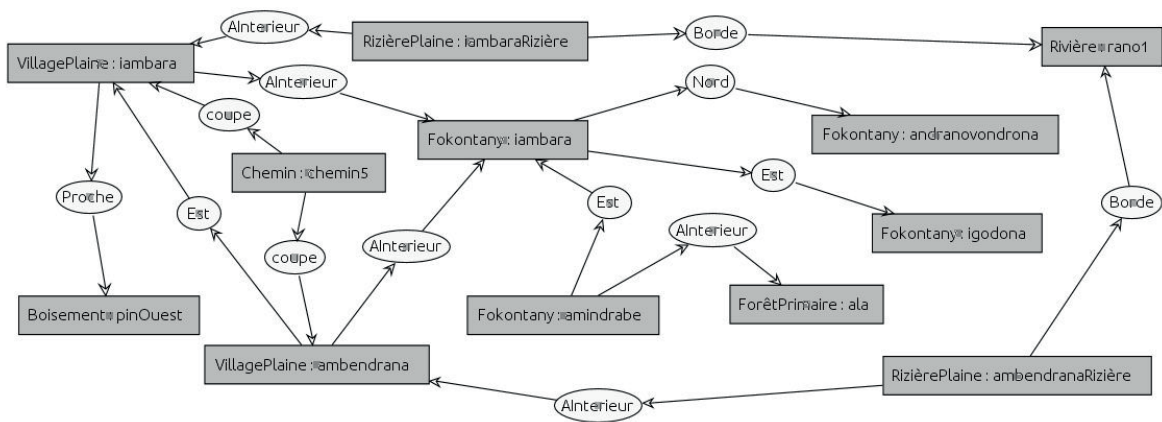


Figure 15 : Sous-graphe commun de 5 paysans d'Ambendrana  
(les sommets-concepts sont dans les rectangles grisés, les sommets-relations dans des cercles)

de descriptions d'un ensemble d'objets  $O$ . Chaque sommet-concept d'un graphe dispose d'un marqueur individuel unique si bien que chaque graphe est instancié et non redondant. L'opérateur de fusion choisi est l'intersection de graphes étiquetés (Sorlin *et al.* 2003 ; Phan-Luong 2008) par leurs sommets et leurs arcs. Le calcul de l'intersection de  $G1$  et  $G2$  s'effectue en recherchant les caractéristiques (ou étiquettes) communes des sommets et des arcs des deux graphes. L'intersection de deux graphes est réalisée en deux étapes : 1) la recherche des caractéristiques communes des sommets et 2) la recherche des caractéristiques communes des arcs pour les paires de sommets communs. Si les graphes sont complètement étiquetés, la recherche du sous-graphe commun maximal à deux graphes  $G1$  et  $G2$  revient à faire l'intersection des ensembles d'arcs de  $G1$  et de  $G2$ .

### Obtention d'un niveau de consensus

L'intérêt du treillis est de visualiser la fusion d'informations à différents niveaux, sélectionnés en fonction du nombre de sources concernées. La figure 14 indique le treillis obtenu à partir de 5 graphes-cartes d'agriculteurs.

La mesure d'intérêt choisie (Ramaroson *et al.* 2013) repose sur la taille de l'intension (nombre de sommets-relations du graphe) et la taille de l'extension (nombre de paysans). A partir de la figure 14 sont calculées, selon les niveaux de consensus qui vont de 1 à 5, les valeurs min-max pour l'intension des concepts formels :

- 1 (A)(96) (F)(156)
- 2 (A;D)(25) (E;F)(104)
- 3 (A;D;F)(17) (B;E;F)(61)
- 4 (A;B;D;E)(15) (A;B;E;F)(32)
- 5 (A;B;D;E;F)(14)

Pour le concept formel d'extension (A;D), son intension a la plus petite taille (25 sommets-relations) pour un cardinal de valeur 2. On peut donc dire que les deux paysans M. Andry (A) et M. Doda (D) n'ont pas (ou peu) de points de vue concordants sur le territoire. De plus, tous les concepts formels supérieurs dans le treillis auront une intension de taille plus réduite encore : le concept formel (A;D;F) a une intension de taille 17, le concept formel (A;B;D;E) une intension de taille 15, enfin le concept formel (A;B;D;E;F) a une intension de taille 14.

Le concept formel d'extension (E;F) a l'intension maximale du treillis, de taille 104. Cela signifie que les deux graphes  $G4$  et  $G5$  ont un sous-graphe commun maximal, donc que Eloa (E) et Fidy (F) ont une connaissance commune importante de leur territoire.

Le graphe résultant de la fusion des cinq graphes initiaux (fig. 15) comporte 14 sommets-relations et 12 sommets-concepts, qui renvoient à des entités spatiales du territoire communes aux cinq paysans. Il s'agit des entités suivantes :

- les fokontany d'Iambara, d'Amindrabe, d'Igodona et d'Andranovondrona ;
- les villages d'Iambara et d'Ambendrana ;
- les rizières qui se trouvent dans les plaines d'Iambara et d'Ambendrana ;
- la rivière qui passe à l'ouest du village d'Ambendrana ;
- le chemin qui relie les deux villages d'Ambendrana et Iambara ;
- le boisement de pin qui est proche du village d'Iambara ;
- la forêt.

L'objectif est ainsi de pouvoir choisir un certain niveau de consensus entre 0 et 100% et de voir quelle combinaison des cartes individuelles atteint ce niveau de consensus ? Il s'agit de trouver des concepts formels rassemblant le plus de paysans (cardinal de l'extension) avec le plus grand graphe commun (taille de l'intension). Les experts sont sollicités pour définir les niveaux et les seuils de la taille de l'intension. Le treillis permet de visualiser les résultats et de contrôler le niveau de consensus à obtenir.

## Discussion et conclusion

Nous avons suivi plusieurs étapes du raisonnement que nous résumons dans la liste ci-dessous :

- Cartes paysannes
- Graphes- paysans
- Etiquettes de sommets et d'arcs
- Intersection de graphes étiquetés
- Treillis visualisant un sous-ensemble des graphes et leur description commune
- Choix du niveau de consensus.

Les exemples de traitement présentés ne couvrent pas l'ensemble des cartes recueillies ni la totalité des traitements qui permettent des comparaisons entre cartes intra-villageoises (4 catégories professionnelles ou statuts) et inter-villageoises (3 villages). Les cartes ont été comparées suivant le statut de l'enquêté (paysan analphabète, autorité-lettré, guide, instituteur). Les femmes n'ont pas la parole.

La fabrication des cartes individuelles à main levée nous a montré des points de vue très différents, parfois

très éloignés, et pas totalement partagés puisque seuls ceux qui ont droit à la parole s'expriment, à l'exclusion des femmes en particulier. La question de construire une position commune sur la base d'un consensus entre ces différentes positions n'est donc pas anodine. Vers quels consensus pourrait-on aboutir pour négocier avec les ONG de conservation et de développement ? Quelles perspectives de conservation de la forêt ou d'aménagement du territoire offrent la possibilité de combiner ces cartes entre elles ?

La transformation des cartes en graphes représente un travail très lourd puisqu'il demande d'explicitier toutes les entités spatiales et leurs relations ; c'est un goulet d'étranglement dans le traitement des données qui ne peut pas, à ce jour, être automatisé.

La méthode de formalisation des cartes en graphes, partagée par des agronomes, des géographes et des informaticiens, est un moyen d'exploiter à la fois les dessins et les enregistrements audio, afin de construire une base de connaissances sur les territoires considérés. Les experts sont associés à l'élaboration informatique par la sélection des concepts formels (choix des niveaux, seuils sur la taille de l'intension), la recherche des éléments de consensus dans les différents graphes communs à des groupes de paysans, et finalement les applications.

La comparaison des graphes mérite d'être développée comme moyen d'approcher une comparaison formelle des cartes, afin d'évaluer la proximité des visions entre paysans de villages différents ou bien de statuts différents, entre des paysans de la COBA et le maire de la commune ou

le président du fokontany, entre des paysans de la COBA et le personnel d'appui des ONG.

L'obtention d'un consensus est une démarche pas à pas de fusion des points de vue proches, puisqu'il n'est pas toujours possible de rassembler tous les points de vue. Il a été possible de définir formellement le niveau de consensus atteint par un treillis visualisant un sous-graphe commun. La transformation dans l'autre sens de ce graphe en une carte permettrait de présenter cette carte dans les communautés enquêtées et d'en discuter éventuellement avec les mêmes personnes enquêtées afin de comprendre comment ce niveau de consensus pourrait être atteint. La distance entre la carte commune construite et chaque carte individuelle pourrait-elle indiquer le degré d'adhésion d'un individu au consensus collectif ? Dans un premier temps, les paysans enquêtés s'y reconnaîtront-ils ? Une autre distance est hautement significative, entre le consensus obtenu entre les points de vue des paysans et le point de vue des décideurs (ONG de conservation, gestionnaires d'Aires protégées).

Cette réflexion se situe donc en amont des cartes participatives, dont on a pu clarifier le statut prétendument participatif, afin de pouvoir éventuellement s'en resservir au lieu de les mettre de côté une fois l'information collectée ou pour qu'un débat s'organise sur la base de ce territoire construit et donné à voir sur une feuille 2D. Nous avons avancé sur des procédures informatiques permettant de manipuler des cartes sous la forme simplifiée de graphes. Cette approche pourrait se généraliser à la combinaison de points de vue afin d'aboutir à certains niveaux de consensus.

## Bibliographie

- Assaghir Z., Kaytoue M., Napoli A., Prade H., 2010, « Organiser la fusion d'informations avec l'analyse formelle de concepts », dans *Rencontres francophones sur la Logique Floue et ses Applications*, LFA 2010, Lannion, France, p. 263-294.
- Barbéris J.-M., Manes-Gallo M.C., 2007, « Verbalisation de l'espace et cognition située : les descriptions d'itinéraires piétons (chapitre introductif) », dans Barbéris J.-M., Manes-Gallo M.C., eds., *Parcours dans la ville*, Paris, l'Harmattan, p. 5-16.
- Blanc-Pamard C., Fauroux E., 2004, « L'illusion participative, exemples ouest-malgaches », *Autrepart*, n  31, p. 3-19.
- Bloch I., Hunter A., Appriou A., Ayoun A *et al.*, 2001, « Fusion: General concepts and characteristics », vol. 16, n  10, p. 1107-1134.
- Brassac C., Grégori N., 2003, « Une étude clinique de la conception collaborative : la conception d'un artefact », *Le Travail Humain*, tome 66, 2, p. 101-127.
- Brassac C., Le Ber F., 2006, « Inscription spatiale d'une activité cognitive collective de représentation de l'espace », *Intellectica*, vol. 2005/2-3, n  41-42, p. 181-200.
- Burini F., 2007, « La semiosis cartographique dans les cartes participatives. Le village de Kondio » (Burkina Faso) », dans Costantini M., dir., *L'Afrique : leçons, représentations, configurations, défigurations*. Paris, l'Harmattan, p. 107-134.
- Burini F., 2009, « La cartographie participative et la pratique du terrain dans la coopération environnementale : la restitution des savoirs traditionnels des villages de l'Afrique subsaharienne » dans *Colloque à travers l'espace de la méthode : les dimensions du terrain en géographie*, 18-20 juin 2008, Arras, France [halshs-00389595, version 1 - 29/05/2009].
- Cauvin C., 1984, « Une méthode générale de comparaison cartographique : la régression bidimensionnelle », *Travaux et Recherches, ERA 214 (CNRS)*, fascicule 4, 130 p.
- Cauvin C., 1999, « Propositions pour une approche de la cognition spatiale intra-urbaine », *Cybergeo, Revue européenne de géographie* : <http://cybergeo.revues.org/5043>, n  72, 27 janvier 1999, 26 p.
- Chambers R., 2006, « Cartographie participative et systèmes d'information géographique :   qui appartiennent les cartes ? Qui en ressort renforcé, qui en ressort affaibli ? Qui gagne et qui perd? », *The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries, EJISDC*, vol. 25, n  2, p. 1-14.
- Chein M., Mugnier M.L., 1996, « Représenter des connaissances et raisonner avec des graphes », *Revue d'Intelligence Artificielle*, vol. 10, n  1, p. 7-56.
- Chevriaux Y., 2008, Une approche qualitative spatiale pour une description sémantique des Reliefs, Thèse de l'Université de Rennes 1.
- Clouet Y., 2000, « Le zonage à dire d'acteurs. Méthodes et perspectives », *Bois et Forêts des tropiques*, vol. 265, n  3, p. 45-59.
- Downs R.M., Stea D., 1973, « Cognitive maps and spatial behaviour : process and products », in
- Downs R.M., Stea D., eds., *Image and Environment*, Chicago, Aldino, Chap. 1, p. 8-26.
- Ganter B., Wille R., 1997. *Formal concept analysis : Mathematical foundations*, New York, Springer-Verlag.
- Hervé D., Ramaroson H., Randrianarison A., Le Ber F., 2013, « Comment les paysans du corridor forestier de Fianarantsoa (Madagascar) dessinent-ils leur territoire ? Des cartes individuelles pour confronter les points de vue », *Cybergeo : European Journal of Geography*, URL : <http://cybergeo.revues.org/26387>; DOI: 10.4000/cybergeo.26387.

- Lardon S., Le Ber F., Brassac C., Caron P., *et al.*, 2006, « Conception collaborative d'objets géo-graphiques. Applications aux jeux de territoire », *Revue internationale de Géomatique*, vol. 16, n° 2, p. 269-284.
- Le Ber F., Ligozat G., Papini O. (Eds.), 2007, *Raisonnements sur l'espace et le temps : des modèles aux applications*, Paris, Lavoisier.
- Palsky G., 2010, « Cartes participatives, cartes collaboratives. La cartographie comme maïeutique », *Cartes et géomatique, revue du Comité français de cartographie*, Septembre 2010, n° 205, p. 49-59.
- Phan-Luong V., 2008, « A framework for integrating information sources under lattice structure » *Information Fusion*, vol. 9, n° 2, p. 278–292.
- Ramaroson J.H., 2008, Modélisation d'un jeu de territoire pour la conservation du corridor forestier de Fianarantsoa : À travers les participations des agents, Mémoire de DEA, option informatique, IRD-Université de Fianarantsoa, Madagascar, 65 p.
- Ramaroson J.H., Le Ber F., Ramamonjisoa B., Hervé D., 2013, « Treillis de Galois pour la fusion de connaissances spatiales sur des territoires villageois malgaches », *Revue d'Intelligence Artificielle*, vol. 27, n° 4-5/2013, p. 595-617.
- Sorlin S., Champin P. A., Solnon C., 2003, « Mesurer la similarité de graphes étiquetés », dans *Neuvièmes Journées Nationales sur la Résolution Pratiques des Problèmes NP-Complets*, JNPC'03, p. 325–339.
- Toillier A., 2009, Capacités d'adaptation des agriculteurs à la conservation des forêts dans le corridor Ranomafana-Andringitra (Madagascar), perspectives pour un aménagement intégré des territoires, Thèse de doctorat en sciences agronomiques, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), Paris.
- Touré I., Bah A., D'Aquino P., Dian I., 2003, « Cartes à dire d'experts, cartes à dire d'acteurs. Vers une approche partagée des modèles de représentation spatiale d'espaces agro-pastoraux sahéliens », dans Dugué P., Jouve Ph., eds., *Organisation spatiale et gestion des ressources et territoires ruraux*, Actes colloque SAGERT-CNEARC, 25-27/02/2003, Montpellier, France.
- Trung P.T., 2005, Fusion de l'information géographique hiérarchisée : applications des treillis de Galois dans les études de changement de couverture du sol, Thèse de doctorat en informatique et mathématiques, Aix-Marseille en partenariat avec l'Université de Provence, section Sciences, France.