Peuplement et territoires protohistoriques en Languedoc oriental : une expérience de modélisation spatiale en archéologie. Problématique, choix, solutions techniques et résultats.

Laure Nuninger

▶ **To cite this version:**

Laure Nuninger. Peuplement et territoires protohistoriques en Languedoc oriental : une expérience de modélisation spatiale en archéologie. Problématique, choix, solutions techniques et résultats.. 2003. halshs-00002950

HAL Id: halshs-00002950
https://shs.hal.science/halshs-00002950

Submitted on 23 Jun 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNITE MIXTE DE RECHERCHE N° 6575
Archéologie et territoires

ECOLE THEMATIQUE
Système d'Information à Référence Spatiale et Archéologie
Tours - 8/13 septembre 2003

Conférence

Peuplement et territoires protohistoriques en Languedoc oriental

par L. Nuninger

Archéologie et territoires (UMR 6575)
UNIVERSITE DE TOURS – 3, PLACE ANATOLE FRANCE – 37000 TOURS – FRANCE
TELEPHONE 02 47 36 81 12 – TELECOPIE 02 47 36 81 04

École Thématique du CNRS - réseau ISA
Systèmes d'Information à Référence Spatiale et Archéologie
8 – 13 septembre 2003, Tours

Peuplement et territoires protohistoriques en Languedoc oriental

Présentation d'une expérience de modélisation spatiale en archéologie : problématique, choix, solutions techniques et résultats

Laure Nuninger, Post-doctorante

Chrono-Ecologie (UMR 6565), Université de Franche-Comté, Besançon

Centre d'Etudes Spatiale du Centre de Recherche de l'Académie Slovène des Sciences et des Arts, Ljubljana (Slovénie)

INTRODUCTION

Ces quelques pages constituent le support écrit de la présentation proposée dans le cadre de l'Ecole Thématique Système d'Information à Référence Spatiale et Archéologie. Il s'agit de faire part d'une expérience menée dans le cadre d'une thèse sur l'étude du peuplement et des territoires protohistoriques en Languedoc oriental (Nuninger 2002).

Précisons tout d'abord que notre intervention se place dans l'axe de analyse des données et de l'analyses spatiale à l'échelle régionale et micro-régionale. Bien évidemment, le niveau d'analyse retenu suppose une phase d'organisation et de traitement des données archéologiques de base. Toutefois, je ne m'attarderai pas sur ce dernier point dans la mesure où il s'appuie d'une part sur l'expérience de terrain de l'équipe du Languedoc oriental, dirigée par C. Raynaud et F. Favory, d'autre part sur l'expérience de l'équipe Archaeomedes. Je renvoie donc les lecteurs intéressés à la bibliographie existante (Raynaud 1989, Leeuw dir. 1995, Durand-Dastes et al. 1998, Favory et al. 1999, Nuninger 2002).

L'essentiel de mon propos reposera donc sur la présentation de la problématique abordée et sur les différents modèles d'analyse à la fois statistiques et spatiaux élaborés ou utilisés pour tenter d'éclaircir ce problème. Ces modèles sont intégrés dans deux principales phases de modélisation :

1. La modélisation des réseaux locaux d'habitat
2. La modélisation spatiale des zones d' « infield » (champs cultivés de manière permanente ou semi-permanente)

Afin de facilité la lecture de la démarche et offrir une sorte de guide à la fois méthodologique et technique pour l'application de ces modèles à d'autres cas d'études (il faut préciser que ces modèles ne sont pas strictement liés à la protohistoire), j'ai fait le choix d'une présentation synthétique présentant pour chaque phase : le ou les projets de recherche dans lequel ou lesquels ce sont développés la modélisation, la zone d'application concernée, les différents auteurs qui ont contribué à son élaboration, un exposé bref des principes, les objectifs, les points de discussions ou les limites, la bibliographie spécifique au développement de ces modèles, la méthodologie ou les principes théoriques requis, les données nécessaires, les logiciels utilisés et enfin la procédure décrite étape par étape, explicitant à la fois les choix intellectuels et le protocole technique.

Pour terminer et montrer l'intérêt de la démarche utilisée, je présenterai juste un cas d'étude mobilisant dans une approche synthétique les nouvelles couches d'information issues de la modélisation, confrontée ensuite à nos connaissances archéologiques et historiques pour tenter une relecture des dynamiques territoriales protohistoriques. Enfin, je conclurai sur l'apport de ces résultats dans notre approche conceptuelle des territoires protohistoriques, classiquement liés à l'implantation des grands peuples pré-romains, en proposant une piste reposant sur le principe d'un système territorial dynamique en réseaux ou "chaîne de société".

Mais avant d'aborder ce dernier point, il convient de présenter brièvement le contexte de la recherche et surtout la problématique posée pour ensuite exposer notre schéma d'analyse.

Problématique, données et protocole de recherche

L'étude proposée sur le peuplement et les territoires des communautés de l'Âge du Fer en Languedoc oriental s'inscrit dans le prolongement d'intenses recherches sur les sociétés protohistoriques du Midi et dans le développement des études d'archéologie spatiale.

Les mutations territoriales qui interviennent en Gaule au cours de l'Âge du Fer, en particulier dans la phase de romanisation, incitent les chercheurs à évoquer deux types de territoires, ethniques puis civiques (Garcia, Verdin 2002 : 5). L'espace ethnique correspondrait à "un espace approprié et organisé par les membres d'une communauté qui n'intégrerait pas nécessairement la notion d'État" et l'espace civique renverrait aux "institutions de la cité antique, soit gréco-romaine, présentées comme propices à l'épanouissement de l'individu", les deux systèmes s'opposant dans le passage d'un système non hiérarchisé à hiérarchisé (Leveau 2002 : 13). Toutefois, les modalités et la nature exacte de la transition qui s'est opérée ne sont pas encore clairement identifiées, suscitant de vifs débats entre archéologues et historiens, voire géographes. Une des difficultés majeures est liée au caractère oral des civilisations pré-romaines qui n'ont laissé aucune trace écrite de leur organisation politique et territoriale, mais seulement des vestiges matériels dont le patient décryptage et les tentatives d'interprétation permettent progressivement d'appréhender l'évolution des formes d'appropriation de l'espace.

Dans cette difficile reconstruction des territoires protohistoriques, pour pallier le problème des sources écrites, les chercheurs ont d'abord mis à contribution les témoignages des auteurs de langue grecque et latine. Une telle approche a permis de localiser les différents peuples préromains et de cerner leur emprise géographique. À ce titre, pour la zone méridionale, nous citerons les travaux de G. Barruol, qui ont abouti dans une synthèse de géographie historique sur les *peuples préromains du sud-est de la Gaule* (Barruol 1969 (réed. 1999)). Mais la démarche s'est avérée assez complexe dans le sens où les témoignages, parfois indirects et souvent anachroniques, se révèlent souvent contradictoires ou ambigus. Dans une autre démarche, l'archéologie permettait d'identifier les communautés qui composaient ces peuples, tandis que l'étude et la cartographie des traces matérielles montraient l'existence de grands groupes partageant les mêmes faciès culturels (mêmes types de productions céramiques, mêmes pratiques funéraires…). On sait désormais que l'emprise spatiale de ces groupes ne correspondait pas nécessairement à celle des peuples décrits par les auteurs antiques. L'évolution dans l'espace et le temps de ces groupes culturels était constatée et interprétée, suivant les auteurs, comme des phénomènes de migration, diffusion ou acculturation des peuples.

Pour tenter de comprendre les mécanismes de ces transitions, en s'inspirant des travaux de la géographie quantitative développée dans les années 1950, une équipe d'archéologues de l'école de Cambridge a posé, dans les années 1970, les bases théoriques nécessaires pour analyser et non plus seulement observer la répartition spatiale des objets archéologiques. Ainsi, pour l'étude du peuplement et du territoire, sont introduits les concepts de concentration et de dispersion de l'habitat, de hiérarchisation, de réseaux… (Hodder, Orton 1976). Autrement dit, ces pionniers ont apporté, il y a plus de trente ans, l'essentiel des méthodes considérées aujourd'hui comme novatrices par un grand nombre d'archéologues français (Durand-Dastes, *et al.* 1998, *Des oppida aux métropoles*). Dans ces conditions, on pourrait s'interroger sur la faible application de ces démarches et des modèles mathématiques qui en découlent qui n'ont quasiment pas été suivis en France. Un des principaux facteurs qui pourrait expliquer cette situation correspond aux difficultés d'exploiter des données

archéologiques insuffisantes tant en qualité qu'en quantité (Djindjian 1991 : 202-203). Depuis moins de vingt ans, le développement des études sur l'habitat rural et la réalisation de nombreux programmes de prospection (Ferdière, Zadora-Rio 1986, Raynaud 1989) ont suscité un ample renouvellement de nos connaissances. Cependant, malgré leurs ambitions, nombre d'enquêtes n'ont que partiellement répondu aux questions territoriales, dans la mesure où elles sont restées limitées dans le temps et l'espace. En outre, ces études sont généralement demeurées au stade de l'inventaire, contribuant à l'enrichissement de la Carte archéologique sans toujours susciter plus d'effort analytique. Dans ce contexte, il faut donc souligner l'apport décisif des travaux récents menés en Provence sous la direction de Ph. Leveau, qui s'appuient sur des analyses spatiales et environnementales (Bertoncello 1999 ; Trément 1999 ; Verdin 1995), et ceux de l'équipe languedocienne, encadrée par F. Favory, C. Raynaud et J.-L. Fiches qui, depuis près de vingt ans, développe des méthodes de classification de l'habitat et d'analyse spatiale pour tenter de comprendre l'évolution du système de peuplement, la dynamique des réseaux d'habitat et leur rapport au milieu. Ces études micro-régionales, tout en favorisant une approche environnementaliste, réhabilitent les travaux de la New Archaeology de Cambridge (Hodder, Orton 1976), avec des ensembles de données plus conséquents, homogènes tant du point de vue archéologique que spatial et mieux maîtrisés sur le plan fonctionnel et chronologique. Par la rigueur de leurs méthodes, elles ont permis d'envisager une synthèse pluri-régionale dans le long terme avec l'élaboration d'un système d'information géographique (SIG) appliqué à l'archéologie, qui s'est concrétisée dans le cadre du projet *Archaeomedes*[1].

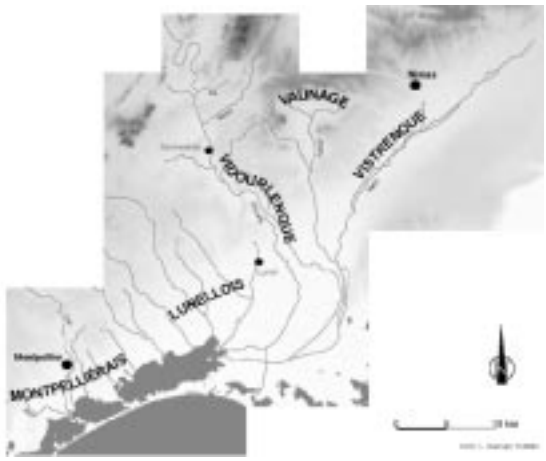

Figure 1- Localisation des micro-régions étudiées

Figure 2 - Localisation des peuples pré-romains (d'après Goudineau 1980)

1. Le programme Archaeomedes dirigé par S. van der Leeuw, professeur à l'Université de Paris X, Nanterre, s'est déroulé en deux phases :
Archæomedes I 1992-1994 : "Understanding the natural and anthropogenic causes of soil degradation and desertification in the mediterranean basin", for the directorate General XII of the Commision of the European Union (contrat EV5V-0021)
Archæomedes II 1996-1998 : "Policy-relevant models of the natural and anthropogenic dynamics of degradation and desertification and their spatio-temporal manifestations." for the directorate General XII of the Commision of the European Union (contrat ENV4-CT95-0159).

C'est dans ce contexte que s'inscrivait ma recherche sur le Languedoc oriental protohistorique. Les résultats sont issus de six années de travail entamé dans le cadre d'une maîtrise sur le territoire et le peuplement protohistorique de la Vaunage (11 communes sur une surface de 110,44 km^2), puis d'un DEA sur le même thème mais mobilisant les données des micro-régions périphériques de la Vistrenque (14 communes sur une surface de 581,57 km^2), de la Vidourlenque (17 communes sur une surface de 165,23 km^2), du Lunellois et du Montpelliérais (27 communes sur une surface de 474,4 km^2).

À l'époque protohistorique, le Languedoc oriental est occupé par les Volques arécomiques, peuple dont l'existence est mentionnée par les auteurs grecs et latins à partir du Ier s. av. J.-C. Strabon le mentionne dans sa *Géographie* (IV, I, 12). César (BC, I, 35) évoquant l'action de Pompée, dans le cadre de la *lex provinciae,* des années 75 av. J.-C. reconnaît les Arécomiques comme une entité territoriale constituée de 25 communautés, si l'on se réfère aux *komai* mentionnés dans le texte de Strabon et les *oppida latina* cités par Pline l'Ancien (Christol, Goudineau 1987-1988 , 92). Sous Auguste, la capitale de ce territoire est désignée par l'attribution des 24 *oppida ignobilia* à Nîmes (Christol, Goudineau 1987-1988, 102-103). L'expression officielle et matérielle de ce territoire reste donc tardive puisqu'elle concerne la fin de notre période. Toutefois, nous pouvons supposer que cette unité repose sur une construction relativement longue de liens qui se sont tissés entre les communautés qui peuplent l'espace considéré. Ces liens se traduisent par une mise en valeur, une appropriation et une organisation progressive de l'espace, que Rome n'hésitera pas à utiliser, voire à renforcer pour asseoir sa domination, développer et organiser son propre empire.

La place des communautés protohistoriques dans cette évolution avait déjà été largement abordée, depuis plus de 30 ans, dans de nombreux travaux d'une qualité inégalable[2]. En outre, elle avait fait l'objet d'une synthèse récente présentée par M. Py (Py 1990 ; Py 1993b), fondée, pour l'essentiel, sur une analyse détaillée des grands établissements de l'Âge du Fer. Ainsi, loin de proposer une nouvelle synthèse sur les sociétés protohistoriques languedociennes, mon étude ambitionnait, dans un premier temps, d'établir une mise à jour de la documentation en intégrant la découverte récente de nombreux petits établissements ruraux pressentis mais encore méconnus il y a moins d'une dizaine d'années. En second lieu, elle s'appuyait sur une approche spatiale à petite échelle dont l'objectif était d'apporter un éclairage distinct, mais complémentaire, à la documentation archéologique existante. Enfin, bénéficiant de la solide réflexion de M. Py sur les problèmes culturels, économiques et sociaux (Py 1990) et d'une étude récente sur la genèse de l'agglomération nîmoise (Monteil 1999), j'ai pu orienter mes propres travaux sur les questions liées au système de peuplement et aux territoires des communautés protohistoriques.

Il s'agissait de suivre l'évolution des différentes formes d'organisation de l'habitat, dans le rapport qu'entretiennent les différentes communautés entre elles et avec le milieu géographique. À travers ces différentes phases et les transitions qui s'opèrent d'une forme à l'autre, je souhaitais comprendre et expliquer qu'elles sont les motivations de ces changements et qu'elles sont leur traduction dans les modes d'occupation et d'appropriation du sol. Enfin, ma participation au programme Archaeomedes II, outre les possibilités de comparaison avec d'autres régions, m'a permis d'intégrer dans ma problématique les questions relatives à la pérennité ou au déclin des établissements de l'Âge du Fer au cours des périodes postérieures.

2. Parmi ceux-ci nous citerons ceux de B. Dedet, J.-L. Fiches, P. Garmy, M. et F. Py et plus généralement ceux de l'équipe lattoise.

Cette approche visait à mieux appréhender la dynamique des relations politiques et territoriales qui s'instaurent, notamment au cours de la romanisation, d'une part entre les communautés indigènes volques arécomiques et les intervenants extérieurs, Grecs puis surtout Romains et d'autre part entre les différentes communautés indigènes appartenant au groupe ethnique des Volques arécomiques. En d'autres termes, il s'agissait de s'interroger sur le déclin de certains établissements qui paraissaient avoir un rôle essentiel dans l'organisation territoriale protohistorique, alors que d'autres établissements du même niveau hiérarchique, voire de niveau inférieur, continuaient à se développer et à s'affirmer au cours de la période gallo-romaine. Avec ce type de questions, l'un de mes objectifs était d'éclaircir la part des héritages protohistoriques et la part de la politique coloniale romaine dans la définition des groupes ethniques et de leur territoire telle qu'elle nous est relatée par les textes antiques.

Pour tenter de répondre à la problématique, la démarche retenue était de type exploratoire et multi-scalaire, dans le sens où elle induisait un va-et-vient permanent entre les différents niveaux de la documentation archéologique, entre les phases distinctes de développement des établissements, entre les modes de fonctionnement territorial locaux, régionaux et "inter-régionaux", enfin entre les vestiges matériels et les sources littéraires antiques. D'un point de vue méthodologique, elle supposait le croisement de données hétérogènes dans un protocole d'analyses permettant d'élaborer une synthèse.

Sur le plan spatial, l'analyse du peuplement proposée reposait sur une hypothèse assez forte qui était que chaque établissement ne peut être considéré seul pour définir une emprise territoriale. En effet, chaque établissement interagit avec ces voisins formant une composante d'un système dynamique piloté par un pôle. On ne peut donc comprendre sa situation géographique, son statut hiérarchique et sa capacité à perdurer, c'est-à-dire à intervenir de manière active dans le développement territorial, que s'il est étudié avec les autres établissements qui l'entourent. Dans ces conditions, notre analyse visait à montrer les liens que pouvaient entretenir les différents habitats entre eux et avec l'espace exploité pour tenter une reconstitution des réseaux d'habitat locaux, correspondant à l'emprise territoriale d'une communauté rurale. À une autre échelle, il s'agissait d'appréhender les liens établis entre les différents pôles de ces communautés rurales pour tenter de comprendre comment s'organisait le territoire du peuple Volque Arécomique. Etait-ce un système fortement intégré sous le contrôle d'une capitale, en l'occurrence Nîmes ? S'agissait-il plutôt d'un groupe "ethnique" composé de communautés totalement indépendantes sur le plan socio-économique et "juridique" ? Ou, pouvait-on envisager l'existence d'une fédération de ces communautés ?

Afin, d'esquisser une réponse à ces questions, nous avons fait le choix de mobiliser plusieurs types de données. Il s'agissait d'abord des caractéristiques fonctionnelles et chronologiques de chaque établissement archéologique que nous avons pu comparer pour classer ces derniers selon leur niveau hiérarchique. En introduisant des paramètres de distance et de visibilité, nous avons alors pu faire jouer les phénomènes d'interaction spatiale entre les différents établissements pour proposer des réseaux d'habitat théoriques. Ensuite, nous avons fait intervenir la répartition des indices épars, "hors-sites", qui permettait de modéliser l'emprise de l'espace cultivé par ces communautés et de donner un corps "territorial" aux réseaux d'habitat. Enfin, les pôles ont été analysés selon leur niveau de développement fonctionnel mais aussi symbolique notamment à travers les constructions ostentatoires signifiant leur pouvoir de contrôle territorial les uns par rapport aux autres.

La modélisation des réseaux locaux d'habitat

Projet : projet européen Archaeomedes (1992-1999), projet Dynamique du peuplement et territoires en Languedoc oriental du VIIIe s. av. au XVIe s. ap. J.-C., en cours depuis 1985
Zone étudiée : France, Vallée du Rhône, Languedoc oriental (entre Nîmes et Montpellier, Gard-Hérault)
Auteurs : F. Favory, H. Mathian, C. Raynaud, L. Sanders, L. Nuninger

Résumé : L'enjeu de la modélisation des réseaux d'habitat repose sur une meilleure compréhension des processus de peuplement dans le long terme (protohistoire, antiquité, moyen-âge), et en particulier des phases de transition entre différents systèmes d'organisation spatiale : dispersion, regroupement, diffusion. À un niveau supérieur, il s'agit d'identifier les relations de pouvoir qui s'établissent entre les agglomérations qui constituent des pôles de peuplement. À chaque niveau, on peut émettre l'hypothèse que c'est le jeu des interactions spatiales, obéissant à des mécanismes de compétition et de concurrence, qui structure le changement, pérennisant certaines formes d'organisation et entraînant ailleurs des recompositions. La hiérarchie entre les établissements et leurs positions relatives, les uns par rapport aux autres, apparaissent alors comme les éléments clés pour comprendre la structuration de l'espace. Ils influencent la forme des interactions entre les lieux, interactions qui sont le moteur de l'évolution, sources de maintien ou de recomposition des structures existantes. La vérification de telles hypothèses nécessite, d'une part, d'établir une hiérarchie entre les établissements à différentes périodes et d'autre part, d'évaluer les éventuelles connexions qui ont pu exister entre les établissements. La démarche proposée s'appuie sur un aller-retour entre modélisation systématique et hypothético-déductive des réseaux locaux d'habitat (modèle gravitaire tenant compte des réalités topographiques et paysagères-visibilité-) et analyse intégrant les connaissances archéologiques et historiques (sources écrites).

Objectifs :

- Identifier le système d'organisation spatiale de l'habitat et son évolution au cours de la protohistoire, l'Antiquité et la période médiévale. Hypothèse de base : « Si l'application du modèle permet d'identifier des réseaux, la structure du peuplement est polarisée (les établissements sont organisés autour d'un pôle », « Si l'application du modèle ne permet pas d'identifier des réseaux, la structure du peuplement fonctionne différemment ».
- Construire des réseaux locaux d'habitat pour tester les hypothèses empiriques d'emprise territoriale à l'échelle de chaque communauté :
  - confrontation des modèles empirico-inductifs et hypothético-déductifs
  - définition de nouvelles unités (les réseaux d'habitat) pour l'analyse des rapports homme-milieu (environnement physique et anthropique)
- Identifier les anomalies locales (écarts au modèle) pour développer des analyses « historiques » plus fines.

Discussion-limites :

- Quand l'hypothèse de base est rejetée, c'est-à-dire quand l'habitat ne suit pas une organisation polarisée, la hiérarchisation de l'habitat n'apparaît pas forcément de

même nature : hiérarchie « fonctionnelle » ou hiérarchie « politico-économique ». Dans ces conditions, on peut se demander si les critères utilisés pour classer les établissements sont pertinents dans tous les cas.

- ∞ Problèmes des pôles dont la description est statique (instantané à leur apogée), d'où la nécessité d'élaborer un modèle d'analyse de leur trajectoire (en cours)
- ∞ Nécessité de développer l'analyse et la modélisation des réseaux territoriaux à différentes échelles (de locale à supra-régionale) et selon différents points de vue (politique, commercial…) supposant une adaptation des critères descriptifs pour la typologie hiérarchique.

Bibliographie spécifique :

1. Favory et al. 1998 : F. Favory, H. Mathian, C.Raynaud, L. Sanders, J.-J. Girardot (coll.), Sélection géographique, déterminisme et hasard, chapitre 5, in Durand-Dastes et al. 1998, Des oppida aux métropoles, Archaeomedes, Coll. Villes, Anthropos, Paris 1998, p. 151-258.
2. Collectif 2000 : La modélisation des systèmes de peuplement : débat à propos d'un ouvrage récent : Des oppida aux métropoles, Les petits cahiers d'Anatole, 5, Laboratoire Archéologie et Territoire, Tours, http://www.univ-tours.fr/lat/pdf/F2_5.pdf.
3. Nuninger 2002 : Peuplement et territoires protohistoriques du VIIIe au Ier s. av. J.-C. en Languedoc oriental (Gard-Hérault), Thèse de doctorat, sous la direction de A. Daubigney et F. Favory, Université de Franche-Comté, soutenue le 11 décembre 2002, http://tel.ccsd.cnrs.fr/documents/archives0/00/00/29/81/index_fr.html

Méthodologie :

Principes et fonctions du modèles gravitaire : c'est un modèle "prédictif de flux engendrés entre deux entités spatiales, selon une relation proportionnelle au produit de leur masse et inversement proportionnelle à la distance qui les sépare" (Pumain, Saint-Julien 2001 : 184). La forme et la complexité de ce modèle varient selon les applications et la nature des objets étudiés. En ce qui nous concerne, il s'agit d'identifier des aires d'attraction théoriques suivant une loi de Reilly selon laquelle l'attraction d'un lieu sur un autre est proportionnelle à son importance ou son poids hiérarchique et inversement proportionnelle à leur éloignement, ce qui signifie que l'attraction diminue avec la distance. Cette loi suppose en outre deux autres hypothèses fortes : le réflexe de proximité, c'est-à-dire le choix du lieu le plus proche pour répondre à ces besoins, et la théorie économique des coûts de transport qui s'ajoutent aux biens et services fournis (Pumain, Saint-Julien 2001 : 37). La forme de la courbe de décroissance en fonction de la distance peut être rectiligne, plus ou moins concave ou convexe. Cette forme est décrite mathématiquement dans le modèle utilisé. Par référence aux travaux de L. Sanders et H. Mathian, nous utilisons la fonction suivante :

$$F(i,j) = H(i) / (1+ \alpha D_{ij}^2)$$

où F(i,j) correspond à l'influence d'un lieu i sur un lieu j en fonction de son niveau hiérarchique H(i) et inversement proportionnelle à la distance D_{ij} qui le sépare du lieu j.

La Distance utilisée dans le modèle peut être euclidienne, c'est-à-dire à vol d'oiseau, D_{ij} et calculée directement à partir des coordonnées Lambert de chaque lieu, exprimées en mètres, selon la formule suivante :

$$D_{ij} = \sqrt{(X_i-X_j)^2+(Y_i-Y_j)^2}$$

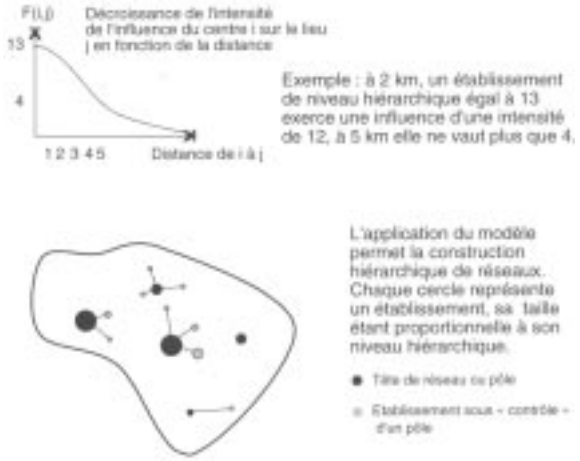

Figure 3 - Principe du modèle gravitaire (D'après L. Sander et H. Mathian, Durand-Dastes et al. 1998 : Fig. 23, 209

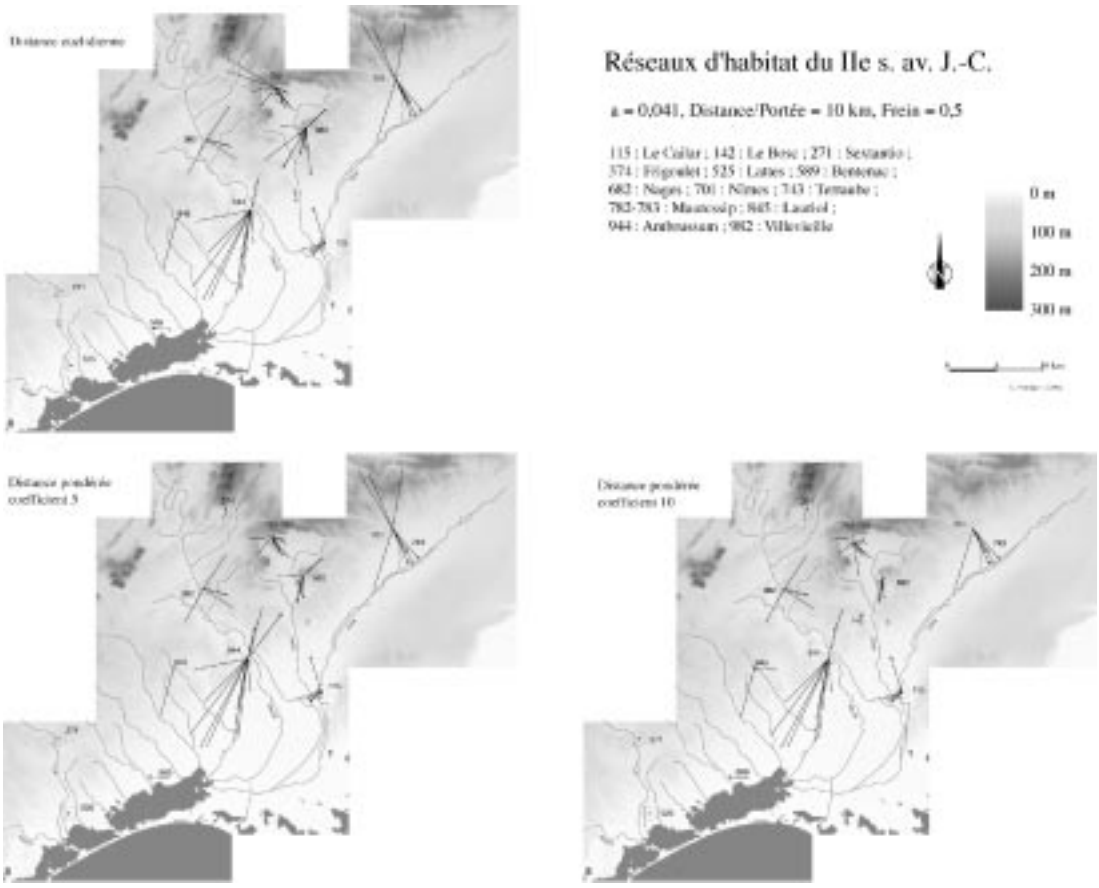

Figure 4 - Réseaux d'habitat du IIe s. av. J.-C. avec les distances euclidiennes et pondérées

Toutefois, cette distance ne prenant pas en compte les réalités topographiques, son application pose un certain nombre de problème en particulier dans les régions assez accidentées. Dans l'expérience Anthropos, pour pallier cette difficulté, les réseaux ont ensuite été ajustés manuellement par confrontation avec les connaissances de terrain des archéologues. Afin, de rendre l'approche plus systématique, dans le cadre de ma thèse, j'ai calculé et intégré une distance pondérée (Nuninger 2002), dont le mode de calcul est décrit ci-dessous dans la partie procédure.

Données nécessaires : établissements archéologiques géo-référencés (implantation humaine, hors funéraire et cultuelle, avec une occupation continue), modèle numérique de terrain (MNT, dans le cas du calcul des distances pondérées uniquement).

Logiciels utilisés : IDRISI, Excel, Cabral, Illustrator.

Procédure : La procédure d'utilisation de ce modèle peut se résumer en 8 étapes, au cours desquelles nous exposerons les bases théoriques, les choix opérés et les protocoles techniques mis en œuvre.

1- Une Description homogène de chaque établissement archéologique

L'utilisation d'outils statistiques et informatiques implique des données cohérentes, homogènes et continues. Ainsi, chaque établissement est caractérisé dans le cadre d'une grille descriptive composée de variables ou descripteurs (par exemple : "superficie", qui est déclinée en plusieurs modalités comme : "inférieure à 0,1 ha" ; "entre 0,1 et 0,3 ha (exclu)…). Cette grille a été élaborée dans le cadre du programme Archaeomedes II, sur la base d'une expérience de plus de 15 ans amorcée par l'équipe du Languedoc oriental (Favory, et al. 1987-1988 ; Favory, et al. 1994 ; Durand-Dastes, et al. 1998) et relayée par les travaux du groupe Archaeomedes I et II (Leeuw, dir. 1995 ; Leeuw 1998 ; Favory et al. 1999). Ainsi, les descripteurs que nous allons présenter ne sont pas spécifiques à l'Âge du Fer et encore moins à cette étude, mais ils obéissent aux choix concertés de plusieurs équipes d'archéologues qui travaillent sur des établissements occupés de l'Âge du Fer à la fin du Moyen Âge. Ce protocole commun garantit la faisabilité d'une étude sur le long terme et la possibilité de comparer les situations d'une région à une autre sur la même base de réflexion. En revanche, pour une analyse plus fine sur la période protohistorique par exemple, tous les descripteurs renseignés n'ont pas été utilisés ou évacués des analyses statistiques, en fonction de leur représentativité et de leur pertinence à expliquer la capacité à perdurer des établissements, c'est-à-dire capable de polariser un territoire et de le gérer.

2- L'élaboration d'une typologie hiérarchique de l'habitat grâce à des analyses statistiques multivariées.

L'analyse en composante principale (ACP) ou analyse factorielle des correspondances (AFC) suivie d'une classification ascendante hiérarchique (CAH). Ces dernières analyses ont été réalisées avec le logiciel Anaconda développé par J.-J. Girardot (Centre MTI@SHS, Université de Franche-Comté ; freeware disponible sur simple demande avec notice d'utilisation et exemples).

3- Détermination pour chaque établissement d'un poids (valeur) hiérarchique relatif appelé H(i)

Selon la méthode de classification utilisée, le poids est soit déterminé dans les résultats de l'analyse (ACP), soit dérivé (AFC). Dans ce dernier cas, il est nécessaire de s'assurer que l'axe principal de l'analyse factorielle est structurant d'un point de vue hiérarchique, c'est-à-dire que tous les caractères soient organisés selon un ordre croissant (de la plus petite surface à la plus grande par exemple). Dans ces conditions, il est possible de projeter l'ensemble des points du nuage de l'AFC sur le premier axe gradué pour attribuer une valeur relative à chacun. L'axe étant gradué de part et d'autre de la valeur 0, c'est-à-dire en négatif et positif, il est nécessaire de faire une translation pour ramener toutes les valeurs sur une échelle positive de 0 à n. Par exemple pour un axe allant de –100 à 100, la valeur –100 devient 0, la valeur 0 devient 100 et la valeur 100 est égal à 200. Cette opération est facilement réalisable sous excel à partir du fichier résultat de l'AFC livré en format texte-tabulation.

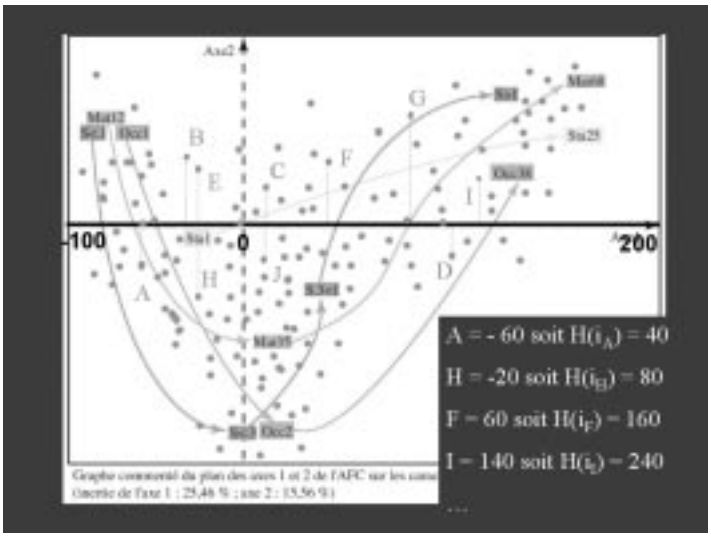

Figure 5- Projection des établissements sur l'axe 1 de l'analyse factorielle

4- Détermination des distances pondérées en fonction de la topographie, calculée à partir du MNT avec un SIG

Le modèle gravitaire est utilisé ici pour tenter de comprendre comment s'organisent les réseaux d'habitat qui occupent et exploitent l'espace. Nous nous situons donc à une échelle locale, avec l'objectif de rendre compte de l'organisation spatiale de l'organe productif et des échanges locaux. À l'Âge du Fer et dans l'Antiquité, la population se déplace au niveau local essentiellement à pied pour rejoindre les différentes zones d'activités (agricole, sylvicole, cynégétique…) et transporter des marchandises. La traction animale (charroi…) était aussi utilisée dès cette époque, mais en termes de vitesse de déplacement sur des espaces locaux, ce moyen de transport n'apporte pas de changement fondamental. Le problème serait différent si on traitait des déplacements de moyennes et longues distances avec des courriers à cheval par exemple.

Sur la base d'études ethnologiques dans le cadre de sociétés agro-pastorales traditionnelles comme celle que nous étudions, on admet généralement une distance d'environ 5 km comme limite maximale en terme de rentabilité agricole sur un terroir de plaine, ce qui correspond à une heure de marche pour gagner les zones agricoles les plus éloignées, soit un temps de déplacement pédestre moyen de 5 km/h (Blum, *et al.* 1992 : 39 Mazoyer, Roudart 1997 : 117). Cependant, cette valeur est valable dans des conditions topographiques planes, elle ne prend pas en compte le frein occasionné par les dénivelés. Afin de pallier ce problème, le calcul des distances doit être pondéré par la pente pour obtenir une distance équivalente à la distance temps en terrain plat. Malheureusement, il n'existe pas de modèle idéal pour calculer cette distance pondérée, car de nombreux autres facteurs participent à augmenter ou réduire la vitesse du marcheur : son âge, sa condition physique, l'objectif de son trajet, le poids de son chargement, la qualité des chemins, les obstacles physiques (cours d'eau, ravins…), etc. Ainsi, si de nombreuses études d'archéologie spatiale soulignent l'importance d'une distance pondérée et soumettent au lecteur des cartes avec des distances horaires, il est souvent difficile de comprendre la construction du modèle utilisé. Généralement, seul le facteur de la pente pondère la distance mais, selon les auteurs, l'effet peut être considéré comme linéaire ou exponentiel. Dans le premier cas, une pente de 20% sera considérée comme 20 fois plus difficile à gravir qu'une pente de 1% tandis que, dans le second cas, des palliers de difficulté sont déterminés et une pente de plus de 10% demande 5 fois plus d'énergie qu'une pente de 2 à 5%, par exemple. Les palliers proposés s'appuient sur des expérimentations comme celles du Service forestier des États-Unis (Christopherson, *et al.* 1999 : 2) ou de l'armée mexicaine (renseignement Philip Verhagen, laboratoire Raap - Amsterdam) par exemple. Cependant, les classes retenues demeurent variables selon les auteurs car leur choix dépend probablement du contexte général du relief plus ou moins accidenté et de l'échelle de distance considérée (Christopherson, *et al.* 1999 : 2-3; Stancic 1998 ; Gaffney, Stancic 1991). Dans ces conditions, après avoir testé les modèles des différents auteurs, j'ai pris le parti de définir une distance pondérée moyenne spécifique aux conditions topographiques de la région (dénivelés inférieurs à 500 m entre la plaine et les collines) et aux objectifs de déplacement d'une population agro-pastorale (transport d'outils, de récolte et de produits pour l'échange) au sein d'un réseau local, soit sur des distances de 5 à 10 km par référence au modèle de *site catchment analysis* (Vita-Finzi, Higgs 1970). Si on évalue un poids de charge moyen de 25% du poids du marcheur, soit un chargement de 15 kg pour un adulte de 60 kg, nous sommes dans une situation comparable à celle du marcheur de grande randonnée qui poursuit un itinéraire sur plus de trois jours. À partir de cette hypothèse, j'ai utilisé les données d'un topoguide qui fournit la distance, le dénivelé et le temps de marche qui correspond à une "marche effective, sans pause, ni arrêt, accomplie à la vitesse de 4 km à l'heure", avec des temps majorés selon le dénivelé (FFRP 1994 : 9). Pour évaluer le coefficient de majoration appliqué "a", il suffit d'appliquer la formule suivante :

$$a = (D_p - D_r)/d$$

où, a est le coefficient de majoration et D_p la distance pondérée, c'est-à-dire la distance équivalente au temps de parcours nécessaire en terrain plat. La distance pondérée est obtenue en convertissant le temps proposé en minute, puis la distance en m par la division du temps minute par 15 car, à raison de 4 km/h, il faut 15 minutes pour parcourir 1000 m.

D_r est la distance réelle, d le dénivelé

Par exemple, pour un itinéraire de 4 km (Dr = 4000 m) avec un dénivelé de 440 m (d), le topoguide annonce un temps de parcours de 1 h 30, soit 90 minutes. La distance pondérée

est donc de D_p = 90/15 soit D_p = 6000 m. Ainsi, le coefficient de majoration a = (6000-4000)/440, soit a = 4,54.

Après avoir réalisé ce calcul sur une série d'exemples sélectionnés selon un itinéraire moyen compris entre 1 et 15 km, avec un dénivelé compris entre 100 et 500 m, j'ai pu observer une variation de la valeur du coefficient de 2 à 10, suivant, en général, la longueur du parcours et la puissance du dénivelé. Il y a, en effet, un facteur de fatigue cumulée qu'il est difficile de prendre en compte dans un modèle global, même sur des distances relativement courtes. Pour ne pas choisir arbitrairement la valeur du coefficient dans l'intervalle défini de 2 à 10, j'ai testé plusieurs valeurs sur le modèle numérique de terrain (MNT) du Languedoc oriental, afin de cartographier des zones de distance-temps à partir des *oppida* et sélectionner celles qui me paraissaient les plus vraisemblables, compte tenu de mon expérience de terrain.

A- L'élaboration d'une image de friction

D'un point de vue technique, le calcul et la cartographie de ces zones ont été réalisés avec le lodiciel SIG *Idrisi*. Concrètement, la distance pondérée (*cost distance*) entre deux points est déterminée à partir d'une "image de friction", c'est-à-dire une grille de même résolution que le MNT où la valeur de chaque pixel correspond à la difficulté de franchissement de ce pixel par rapport aux autres, en fonction d'un ou plusieurs paramètres comme la pente ou l'occupation du sol… Par exemple, un pixel "a" de valeur 1 sera 2 fois plus vite franchi qu'un pixel "b" de valeur 2 : en d'autres termes, la distance pondérée du pixel "a" sera de 100 m, tandis que celle du pixel "b" sera de 200 m. Ainsi, la distance pondérée entre un point A et B correspond à la somme des distances pondérées de tous les pixels qui séparent ces deux points. Pour réaliser, cette image de friction, j'ai utilisé un MNT d'une résolution de 100 m qui a d'abord servi à dériver une carte des pentes. Ainsi, pour chaque distance de 100 m (un pixel), nous disposons de la valeur de la pente p en % dont le calcul résulte de la formule suivante : $p = d/D_r$ où d = dénivelé et D_r = distance réelle. J'ai ensuite appliqué les différents coefficients de majoration "a" à chaque pixel, soit à chaque distance "D_r" de 100 m à partir de la formule suivante :

$D_p = D_r + d\ a$

Soit $D_p = D_r + D_r\ p\ a$

Où p = pente

Soit, par exemple, pour une résolution de 100 m, une pente de 10% et un coefficient de majoration de 5 :

$D_p = 100 + 100 \times 0{,}1 \times 5$, soit D_p = 150 m

Un pixel de valeur pondérée 150 oppose donc 1,5 fois plus de difficultés pour être traversé qu'un pixel de valeur pondérée 100. Ainsi, pour obtenir "l'image de friction", il me suffit de diviser la valeur pondérée de chaque pixel par la valeur pondérée minimale, c'est-à-dire 100 dans le cas présent. Toutefois, le nombre de valeurs étant très important, pour simplifier le calcul et gagner en rapidité, j'ai discrétisé l'ensemble des valeurs en dix catégories de difficultés en utilisant une équidistance de 30 minutes de déplacement ou 2500 m entre chaque classe. Ainsi, un pixel de classe 3 (5000/7500 m, soit 1 h/1 h 30 min) est trois fois plus difficile ou plus long à traverser qu'un pixel de classe 1 (0/2500 m, soit 0-30 min). Cette discrétisation en classes permet de regrouper les valeurs les plus élevées dans une classe

9 (20000 m et plus, soit plus de 4 h) pour éviter une distorsion des valeurs souvent dues à des effets de bord.

Protocole technique pour la réalisation de l'image de friction sous IDRISI

L'image de friction est réalisée à partir d'un MNT d'une résolution de 100 m.

1- Le MNT (en input) sert d'abord à calculer une carte des pentes avec la fonction SLOPE (menu ANALYSIS - SURFACE ANALYSIS - TOPOGRAPHIC VARIABLES). La pente doit être calculée en pourcentage. L'"OUTPUT correspond au nom de la carte des pentes soit "PteLgdOr" par exemple.
2- L'image de friction est ensuite dérivée de la carte des pentes auxquelles on applique un coefficient grâce à la fonction IMAGE CALCULATOR (menu ANALYSIS – DATABASE QUERY). En "OUTPUT" indiquer le nom de l'image de friction, par exemple "FrLgdOr". L'"Expression to process" correspond à l'application de la formule :

$$Dp = D + P \times D \times a$$

Où
Dp = Distance pondérée
D = Distance
P = Pente
A = coefficient de majoration

Avec un MNT d'une résolution de 100 m, une carte des pentes "PteLgdOr" et un coefficient de majoration de 10, la formule donne l'expression suivante :

$$[100 + (PentesLgdOr \times 100 \times 10)]$$

Après avoir écrit l'expression, il faut lancer le calcul en cliquant sur le bouton PROCESS EXPRESSION.

L'image résultante est donnée en équivalent pixel : il est donc nécessaire de multiplier les valeurs par 100 pour les obtenir en mètres avec la fonction SCALAR (menu ANALYSIS – MATHEMATICAL OPERATORS). En INPUT "FrictionLgdOr", en OUTPUT "FrLgdOrM".

L'image résultante "FrLgdOrM" donne le coût de l'effort ou la distance pondérée pour chaque pixel. Ainsi une valeur 100 correspond à un effort de 1, soit à l'effort de base pour parcourir un pixel. En revanche pour un pixel dont la distance pondérée est de 200 m, l'effort fournit pour le traversé sera deux fois plus important, donc on mettra deux fois plus de temps à parcourir ce pixel. Les valeurs très élevées sont généralement dues à des effets de bord car il existe un dénivelé artificiel entre la valeur d'un pixel du MNT et la valeur de 0 donnée par défaut aux pixels situés en dehors du MNT. Afin de limiter le poids de ces effets, l'image "FrLgdOrM" est reclassée en 9 catégories avec un écart distance-temps équivalent à 30 minutes soit 2500 m pour une vitesse de déplacement de 5 km/heure. La dernière catégorie correspond aux valeurs de 20 km et plus, soit plus de 4 heures de marche. Cette opération est réalisée avec le fonction RECLASS (menu ANALYSIS – DATABASE QUERY – RECLASS).
En INPUT : "FrLgdOrM"
En OUTPUT "FrLgdOrMr9"
Option : User defined reclass

Assign a new value of	To all values from	To just less than
100	0	2500
200	2500	5000
300	5000	7500
…	…	…
900	20000	200000

L'image résultante "FrLgdOrMr9" correspond à l'image de friction simplifiée qui servira à calculer la distance entre deux points en faisant la somme des valeurs des pixels situés entre ces deux points. Par exemple la distance pondérées entre les points A et B sera de 100+300 = 400 m au lieu de 200 m soit 4' 42 s au lieu de 2' 24 s.

100	A	200
100	100	300
400	300	300
400	B	400

Sous *IDRISI* cette opération est réalisé avec la fonction COST (menuANALYSIS – DISTANCE OPERATORS). En INPUT, il faut mettre l'image des deux points et l'image de friction "FrLgdOrMr9" ; en OUTPUT il faut indiquer le nom de l'image résultante par exemple "Dp10AB".
De la même manière, il est possible de calculer les distances pondérées pour plusieurs points et d'extraire leurs valeurs dans un tableau ; mais cela nécessite l'enchaînement de plusieurs fonctions : voire ci-dessous.

B- Calcul et extraction des distances pondérées

L'image de friction reclassée est ensuite utilisée pour calculer la distance pondérée à partir de chaque *oppidum*. Les valeurs de distance obtenues sont ensuite regroupées en catégories : par exemple de 0 à 2500 m, de 2500 à 5000 m, etc ; pour présenter une cartographie synthétique des distances, sous la forme de zones définies par des temps de parcours à la vitesse de 5 km/h, soit 12 minutes pour 1000 m et de 0 à 30 minutes pour une distance pondérée de 0 à 2500 m.

Après plusieurs tests avec différents coefficients, à partir de quelques références de terrains et en tenant compte de manière globale et empirique du frein que peuvent occasionner les autres facteurs (présence et qualité des chemins, obstacles hydrographiques…), j'ai finalement retenu la proposition calculée avec un coefficient de majoration de 10.

La formulation du modèle permet le calcul et la cartographie des distances sur la base d'un découpage relativement fin (100m), mais elle a aussi l'avantage de pouvoir être appliquée de manière plus globale dans le calcul des réseaux d'habitat. À cette fin, j'ai calculé une matrice de distance pondérée pour chaque établissement par rapport à tous les autres établissements occupés à une période donnée. Ce calcul réalisé à l'aide du SIG *IDRISI* est assez complexe et long, en ce sens que la procédure, qui compte plusieurs opérations, doit être répétée autant de fois qu'il y a d'établissements et pour chaque période considérée (une étape complète de calcul pour chacune).

Protocole technique sous IDRISI

Dans *IDRISI*, la fonction COST permet de calculer une distance pondérée entre deux ou plusieurs points mais, appliquée telle quelle, elle livre un fichier image qu'il est impossible d'exploiter dans le calcul d'un modèle gravitaire. Pour ce faire, il est nécessaire d'extraire les valeurs dans un tableau à double entrée avec, en ligne et en colonne, la série des établissements concernés, ce qui revient à avoir la distance de chaque point par rapport à tous les autres. Par exemple :

	Vg100	Vg117	Vs150
Vg100	0	2500	1200
Vg117	2500	0	1650
Vs150	1200	1650	0

L'opération pour obtenir ce tableau est assez complexe en ce sens que le calcul de la distance entre chaque point et tous les autres doit être réalisé pour chaque établissement. En d'autres termes, l'opération COST doit être répétée autant de fois qu'il y a d'établissements ou de points, suivi d'une fonction d'extraction des valeurs à chaque opération. Le calcul de chaque point passe alors par la création d'au moins quatre fichiers distincts à partir d'un fichier d'établissement rastérisés et identifiés "av1ref.rst".

Le fichier "av1ref.rst" est obtenu à partir d'une table d'établissements importée en mode vecteur, par exemple "siteIerav.vct". Ensuite, les points sont rastérisés avec la fonction POINTRAS (menu REFORMAT – RASTER/VECTOR CONVERSION) en utilisant l'option "record identifier points" où l'image résultante, l'OUTPUT, est "siteIerav.rst". Dans ce dernier fichier, la valeur des points correspond à la valeur des identifiants donnés par défaut dans *IDRISI* : "IDR-ID". Pour attribuer la valeur des identifiants définis par l'utilisateur par exemple "100" pour "Vg100", il faut établir un lien entre le champ "IDR-ID" et le champ "CODE" (par exemple) de la base de données (ou table) associée au fichier vecteur de départ.
Ce lien est défini comme suit :
1- ouvrir la table des données associée au fichier vecteur avec la fonction DATABASE WORKSHOP (menu DATA ENTRY), par exemple :

IDR-ID	CODE	X	Y	NOM	…
1	Vg100	745650	3165250	Lanay I	…
2	Vg117	748690	3168550	Crousas II	…
…	…	…	…	…	…

2- *IDRISI* n'acceptant que des valeurs numériques pour les identifiants, il est donc nécessaire de convertir les données alpha numériques du champ CODE. Pour cela, nous créons un nouveau champ appelé "REF" dans lequel on extrait la valeur numérique du champ CODE avec la fonction Calculate Field Values (menu QUERY du module DATABASE WORKSHOP) et à l'aide de la formule suivante : "REF = val[right[CODE,3]]".
3- Le lien entre les champs "IDR-ID" et "REF" doit ensuite être établi par la création d'un nouveau fichier, généré avec la fonction EXPORT VALUES (avl) File (menu FILE du module DATABASE WORKSHOP). En OUTPUT, soit "Value File Name", on donne le nom du nouveau fichier par exemple "Id-ref1.avl". Le "Link field" correspond au champ "IDR-ID" et le "Data field" au champ "REF"[3].
4- Pour attribuer les valeurs du lien dans l'image "siteIerav.rst", il faut utiliser la fonction ASSIGN (menu ANALYSIS – DATABASE QUERY) où "feature definition image" correspond au fichier "siteIerav.rst" et où l' "Attribute values file" est le fichier lien "av1ref.avl". En OUPUT, on aura la nouvelle image d'établissement rastérisée et identifiée "av1ref.rst".

Afin de réduire le temps nécessaire au calcul de la distance entre chaque point et tous les autres points identifiés dans l'image "av1ref.rst", j'ai, avec l'aide de Francois-Pierre Tourneux semi-automatisé la procédure grâce à une macro-commande écrite dans le module EDIT d'*IDRISI* et enregistrée sous un format ".iml".

Cette macro-commande réalise le calcul des distances pondérées par groupe de 10 établissements. Elle mobilise le fichier de l'ensemble des établissements rastérisés et identifiés "av1ref.rst", et un fichier "S1.avl" qui permet d'attribuer la valeur 1 au point d'origine par exemple Vg100, soit l'établissement n° 100. "S1.avl" est un fichier de type texte séparateur espace qui est crée avec la fonction EDIT de *IDRISI* (menu DATA ENTRY), sous la forme :

```
100 1
```

Ensuite la macro-commande permet de créer un premier fichier "IS1.rst" qui correspond à l'image du point Vg100 rastérisé auquel on a attribué la valeur 1 avec la fonction ASSIGN. "OS1.rst", le second fichier, est l'image résultante après l'application de la fonction COST sur le fichier "IS1.rst". Enfin, le troisième fichier "VS1.avl" correspond à l'extraction des valeurs de distance entre le point Vg100 et tous les autres points représentés par l'image des établissements rastérisés et identifiés dans le fichier "av1ref.rst". VS1.avl est un fichier de type texte avec séparateur-espace, lisible par la fonction EDIT ou par un logiciel de type Excel. Il se présente sous cette forme :

```
0 1.0000000
075 128.3274581
100 0.0000000
117 73.6274109
```

3. Si le message "violation…*IDRISI*" survient, fermer le logiciel et refaire la dernière opération. Selon les versions d'*IDRISI* c'est un petit problème qui revient assez régulièrement.

```
250 75.5696581
…
```

Dans ce cas de figure, nous avons réalisé le calcul de la distance pondérée pour un seul établissement. La procédure doit donc être répétée 10 fois (ou plus), écrite sous cette forme dans le fichier .iml :

```
REM calculs des distances pondérées avec extraction des valeurs – par groupes de 10 établissements

REM 1
ASSIGN x c :\Dpond\av1ref.rst*c :\Dpond\IS1.rst*c :\Dpond\S1.avl
COSTPUSH x c :\Dpond\IS1.rst*c :\Dpond\ FrLgdOrMr9.rst*c :\Dpond\OS1.rst
EXTRACT x c :\Dpond\av1ref.rst*c :\ Dpond\OS1.rst*1*1*c :\ Dpond\VS1.rst

REM 2
ASSIGN x c :\Dpond\av1ref.rst*c :\Dpond\IS2.rst*c :\Dpond\S2.avl
COSTPUSH x c :\Dpond\IS2.rst*c :\Dpond\ FrLgdOrMr9.rst*c :\Dpond\OS2.rst
EXTRACT x c :\Dpond\av1ref.rst*c :\ Dpond\OS2.rst*1*1*c :\ Dpond\VS2.rst

REM3
ASSIGN x c :\Dpond\av1ref.rst*c :\Dpond\IS3.rst*c :\Dpond\S3.avl
COSTPUSH x c :\Dpond\IS3.rst*c :\Dpond\ FrLgdOrMr9.rst*c :\Dpond\OS3.rst
EXTRACT x c :\Dpond\av1ref.rst*c :\ Dpond\OS3.rst*1*1*c :\ Dpond\VS3.rst

…

REM 10
ASSIGN x c :\Dpond\av1ref.rst*c :\Dpond\IS10.rst*c :\Dpond\S10.avl
COSTPUSH x c :\Dpond\IS10.rst*c :\Dpond\ FrLgdOrMr9.rst*c :\Dpond\OS10.rst
EXTRACT x c :\Dpond\av1ref.rst*c :\ Dpond\OS10.rst*1*1*c :\ Dpond\VS10.rst
```

Avant de lancer cette macro-commande avec la fonction RUN MACRO (menu FILE), il est nécessaire de définir les 10 fichiers S1.avl, S2.avl…, S10.avl avec le module EDIT, en suivant la liste des établissements représentés dans le fichier "av1ref.rst".

Les 10 fichiers obtenus VS1.avl à VS10.avl peuvent être ensuite ouverts et compilés dans un tableur Excel pour constituer le tableau à double entrée des distances de chaque point par rapport aux autres. Chaque fichier VS correspondant à une colonne du tableau, il suffit donc d'ouvrir chaque fichier et de le coller dans chaque colonne d'un fichier global, par exemple "Concat1av.xls".
Pour accélérer cette procédure, j'ai programmé une macro-commande dans Excel "Compilfich" dont voici le script :

```
Sub Compilfich()
'
' Compilation des fichiers VS de distance pondérée calculés sous IDRISI
' Macro enregistrée le 25/06/2002 par L.NUNINGER
'

'
Dim num As Byte
Dim nomfich As String
Dim col As Byte
Dim colonne As Variant
Dim dercol As Byte
 Workbooks.Add
 ActiveWorkbook.SaveAs Filename :="c :\Dpond\concat1av.xls", FileFormat _
  :=xlNormal, Password :="", WriteResPassword :="", ReadOnlyRecommended := _
 False, CreateBackup :=False
 Workbooks.OpenText Filename :=" c :\Dpond\VS1.avl", Origin :=xlWindows, _
 StartRow :=1, DataType :=xlDelimited, TextQualifier :=xlDoubleQuote, _
 ConsecutiveDelimiter :=True, Tab :=True, Semicolon :=False, Comma :=False, _
 Space :=True, Other :=False, FieldInfo :=Array(Array(1, 1), Array(2, 1))
 Range("A1 :B12").Select
 Selection.Copy
 Windows("concat1av.xls").Activate
 ActiveSheet.Paste
 Application.CutCopyMode = False
 Windows("VS1.avl").Activate
 ActiveWindow.Close
```

```
 For num = 1 To 10 Step 1
nomfich = "VS" & num & ".avl"
 Workbooks.OpenText Filename :="c :\Dpond\" & nomfich, Origin :=xlWindows, _
 StartRow :=1, DataType :=xlDelimited, TextQualifier :=xlDoubleQuote, _
 ConsecutiveDelimiter :=True, Tab :=True, Semicolon :=False, Comma :=False, _
 Space :=True, Other :=False, FieldInfo :=Array(Array(1, 1), Array(2, 1))
 Range("B1 :B12").Select
 Selection.Copy
 Windows("concat1av.xls").Activate
 ActiveCell.Offset(0, 0).Columns("B :B").Select
 ActiveSheet.Paste
 Application.CutCopyMode = False
 Windows(nomfich).Activate
 ActiveWindow.Close
 Next num
End Sub
```

Quand le fichier "Concat1av.xls" est réalisé, il suffit de l'enregistrer sous un autre nom puis d'indiquer le code des établissements en colonne d'après la liste de départ.
Avant d'utiliser la matrice des distances pour le calcul du modèle gravitaire, il est nécessaire de remplacer les points par des virgules, car Excel interprète les virgules comme séparateurs de décimales, contrairement à *IDRISI* où ce sont les points qui servent de séparateurs. Enfin, pour exprimer les distances en kilomètres, les valeurs doivent être divisées par 100 (la résolution du pixel étant de 100 m).

5- Calcul des réseaux

Dans la formule du modèle gravitaire : $F(i,j) = H(i) / (1+ \alpha D_{ij}^2)$, α est un coefficient qui permet d'ajuster le modèle. Il est déterminé par deux paramètres qui sont la portée r et le frein à la distance β. La portée correspond à la "distance à partir de laquelle l'influence s'annule ou devient négligeable", tandis que le frein à la distance ou le "gradient" représente le rapport entre les valeurs H(i) aux intervalles de distance successifs, traduits par les exposants" (Pumain, Saint-Julien 2001 : 43). Concrêtement, la diminution du frein à la distance donne de l'importance au poids hiérarchique des établissements, tandis que son augmentation favorise l'effet de la distance car la valeur de β est négative dans la fonction paretienne où :

$$F(r) = (1+ \alpha r)^{-\beta}$$

soit pour $F(r) = 0,5$, c'est-à-dire une distance r à laquelle l'attraction initiale a perdu 50% de sa valeur :

$$\alpha = [(1 / 0,5^{\beta}) - 1] / r$$

Dans les données géographiques, les valeurs de la portée et du frein à la distance sont généralement déterminées en fonction de la vitesse, de l'objectif du déplacement d'une part et, d'autre part, du rapport quantitatif des flux entre les différents lieux. Malheureusement, la documentation archéologique ne permet pas la définition de valeurs aussi précises. Dans l'expérience Anthropos ("Des *oppida* aux métropoles", Durand-Dastes*, et al.* 1998), les archéologues et les géographes ont travaillé en confrontant les réseaux obtenus à partir de deux méthodes, l'une hypothético-déductive, avec l'utilisation du modèle gravitaire et, l'autre empirico-déductive, suivant une construction manuelle des réseaux, fondée sur la typologie hiérarchique. La confrontation systématique des deux approches a permis d'ajuster les paramètres du modèle gravitaire en réduisant les écarts entre les deux solutions. Ainsi, nous sommes obligés d'expérimenter de manière exploratoire le calibrage des paramètres en observant systématiquement le résultat obtenu et en confrontant les différentes solutions avec un retour sur les données archéologiques, les connaissances historiques et les réalités du

terrain qui nous guident dans le choix des paramètres les plus adéquats. Lors de l'expérience Anthropos, les deux paramètres d'ajustement essentiels pris en compte étaient d'une part l'accessibilité quotidienne (que nous avons réglés avec l'intégration des distances pondérées), d'autre part, la "maîtrise visuelle du finage occupé et des dépendances agro-pastorales disséminées alentour de l'habitat majeur", facteurs que le modèle gravitaire n'intègre pas dans le calcul des réseaux (Favory, Raynaud 1999 : 511-513). Pour pallier cette difficulté et ajuster au mieux le modèle, j'ai calculé pour chaque pôle de peuplement une carte de visibilité avec le logiciel *Idrisi* à partir du modèle numérique de terrain (MNT), dont nous verrons l'élaboration dans une étape suivante.

Protocole technique de calcul des réseaux sous Excel

L'application du modèle gravitaire selon la formule donnée : $F(i,j) = H(i) / (1+ \alpha D_{ij}^2)$, peut être réalisée tout simplement avec Excel, à partir des matrices de distance exportées d'IDRISI.

Il suffit de créer un classeur excel avec une feuille de calcul "distances" où l'on collera la matrice des distances pondérées selon le modèle suivant :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A		Sites	Vs973	Vs742	Vg777	Vg792	Vg808	Vs940	…
B	Code	**H(i)**	**396**	**396**	**402**	**402**	**436**	**436**	**…**
C	Vs973	**396**	0	17,9936173	17,1053864	17,3225433	16,6225433	5,27989845	…
D	Vs742	**396**	17,9936173	0	19,2598007	19,2840653	18,8355377	12,7137161	…
E	Vg777	**402**	17,3468063	19,5598007	0	0,42426405	0,58284273	14,8083298	…
F	Vg792	**402**	17,6639633	19,7254868	0,56568542	0	0,9	15,1254868	…
G	Vg808	**436**	16,7639633	18,9941147	0,48284273	0,7	0	14,2254868	…
H	Vs940	**436**	5,27989845	12,7137161	14,5669067	14,7840637	14,0840637	0	…
I	…	**…**	…	…	…	…	…	…	…

Ensuite, dans le même classeur on créé une nouvelle feuille de calcul "influence" pour appliquer la fonction, selon le modèle suivant :

	1	2	3	4	5	6	7	8
A		alpha	0,3	Portée R en km	10	Beta	2	
B		Sites	Vs973	Vs742	Vg777	Vg792	Vg808	Vs940
C	Code	**H(i)**	**396**	**396**	**402**	**402**	**436**	**436**
D	Vs973	**396**	396	4,035419	4,46055086	4,35063708	4,72031625	42,2932408
E	Vs742	**396**	4,03542	396	3,52683494	3,51804391	3,68600988	8,00136211
F	Vg777	**402**	4,40434	3,47223	402	381,404176	364,820522	6,01922656
G	Vg792	**402**	4,24926	3,414638	366,788322	402	323,411102	5,77303321
H	Vg808	**436**	5,11082	3,991471	407,499055	380,122058	436	7,06538079
I	Vs940	**436**	46,5653	8,809581	6,74312675	6,54944148	7,20562836	436
J	…	**…**	…	…	…	…	…	…
K								

L		influence max	646,514	1786,524	1631,89776	1366,32215	1323,43537	436
M		n°ligne	25	24	26	26	26	12
N		code i_max	1849	1849	2425	2425	2425	436
O		pole(1/0)	0	0	0	0	0	1
P		Nom du pôle	Vs972	Vs743	Vg783	Vg783	Vg783	Vs940
Q		Etablissement	Vs973	Vs742	Vg777	Vg792	Vg808	Vs940
R								
S		nb d'établissements	25					
T		nb pôles	17	68%				

La valeur "alpha" de la cellule A3 est le résultat du calcul de la formule Excel suivante : =((1/PUISSANCE(0,5;A7))-1)/A5

Les valeurs "Portée en km" et "Beta" sont saisies manuellement.

La valeur de l'influence par exemple D3, D4… et E3, F3… est le résultat de la formule Excel suivante : (pour D3) =$D2/(1+$A$3*Distances!C3^2)

L'influence maximum L3 résulte de la formule suivante : =MAX(D3:J3)

Le n° de la ligne M3 : =EQUIV(L3;D3:J3;0)+3

Le code I-max N3 : =INDIRECT("2"&M3)

Pole (1/0) O3 : =SI(N3=D3;1;0)

Nom du pôle : =INDIRECT("1"&M3)

Etablissement : =B3

Nb d'établissements : =NB(O3:O8)

Nb de pôles : =SOMME(O3:O8)

% : =T3/S3

La dernière étape consiste a préparer une table à deux colonnes figurant chaque établissement et son pôle de rattachement (établissement plus influent). Pour cela, il suffit de copier la première colonne et la coller dans une nouvelle feuille de calcul, puis de copier la dernière ligne avec la liste des pôles de rattachement et la coller dans la colonne suivante (avec un collage spécial – transposer). Le calcul doit être effectué pour chaque période considérée avec une édition du tableau à deux colonnes pour chacune et pour chaque ajustement (valeurs données à la « portée » et à « beta »).

6- Cartographie des liens

La cartographie des liens est ensuite réalisée avec un logiciel de cartographie à partir des établissements géo-référencés (tableau texte tabulé avec le n° de l'établissement et les coordonnées x et y) et de la table des rapports d'influence (feuille de calcul à deux colonnes, résultat du calcul issu du modèle gravitaire, cf. ci-dessus, et exportée sous un format texte tabulé). En ce qui nous concerne, pour réaliser la cartographie nous avons utilisé le logiciel Cabral (livré avec des exemples et une notice d'utilisation complète). (Figure 4)

7- Réalisation des cartes d'emprise visuelle

Pour chaque pôle de peuplement (identifié par le modèle gravitaire : en général les *oppida*), nous avons réalisé une carte de visibilité avec le logiciel *Idrisi* à partir du modèle numérique de terrain (MNT). D'un point de vue méthodologique, pour chaque *oppidum*, j'ai recherché la localisation précise du point d'observation le plus haut, généralement marqué par

l'édification d'une tour. La localisation reportée sur le MNT permet d'identifier l'altitude du point de vision de l'*oppidum* par rapport à celle de tous les autres points du paysage. Si, entre le point de vision de l'*oppidum* et le point du paysage considéré, la ligne de visée rencontre un point maximum ("max") d'une altitude supérieure à celle du point de vision de l'*oppidum*, la visibilité se trouve interrompue. Ainsi, dans la ligne de visée, tous les points situés avant le point "max" sont visibles depuis l'*oppidum*, tandis que tous les points situés au-delà du point "max" sont invisibles. La fonction Viewshed du logiciel *Idrisi* permet de faire ce calcul pour un point en direction de tous les autres points du paysage, dans un angle sur 360°. Comme nous l'avons mentionné, le point d'observation majeur de l'*oppidum* est souvent matérialisé par une tour dont nous pouvons approximativement évaluer la hauteur à 15 m en moyenne[4], grâce aux travaux archéologiques (Fiches, *et al*. 1978 ; Dedet, Py 1985a). Dans ces conditions, le point de visée correspond à l'altitude topographique du monument, à laquelle il faut ajouter la hauteur de la tour et celle du niveau du regard d'un homme moyen, que nous avons situé à 1 m 50. Enfin, j'ai utilisé cette fonction dans un rayon de 10 km autour de l'*oppidum*. Le choix de cette valeur ne repose pas sur la capacité physique de l'œil humain, mais sur sa capacité sélective en fonction de l'observateur dont l'objectif est de percevoir les limites de son territoire. Pour la déterminer, j'ai utilisé des photographies panoramiques : prises depuis le sommet de la tour en ruine de l'*oppidum* de Mauressip ; depuis les fortifications de l'*oppidum* d'*Ambrussum* et depuis la tour de Nages. Les zones de visibilité ainsi obtenues pour chaque *oppidum* doivent toutefois être manipulées avec précaution dans la mesure où le MNT utilisé a une résolution de 100 m et où le relief est considéré comme nu. En effet, aucun facteur limitant la perception, comme la couverture végétale, voire la météorologie, n'est pris en compte dans le calcul. Les zones de visibilité correspondent donc à un indicateur synthétique et il est important de considérer des limites floues quand nous le croiserons avec les réseaux d'habitats.

8- L'ajustement du modèle

L'"ajustement" consiste à estimer les paramètres du modèle, c'est-à-dire la portée (ou distance) et le frein à la distance (beta) qui détermine la valeur du coefficient d'ajustement alpha. En géographie, ces paramètres sont estimés à partir de données sur les flux migratoires et les flux de marchandises, de service ou de communication selon le problème abordé (Pumain, Saint-Julien 2001 : 26-42). On utilise alors le "critère d'ajustement" qui permet de minimiser l'écart entre les flux observés et les flux estimés par le modèle. En ce qui nous concerne, évidemment, nous ne possédons pas de données et il n'est même pas encore possible d'évaluer la valeur de tels flux.

La méthode d'ajustement utilisée ici est donc plus "empirique" et progressive, avec une multiplication des plans d'expériences et une confrontation systématique des réseaux obtenus avec l'espace visuellement maîtrisé (Figure 6). Afin de cadrer la progression de la recherche du paramètre alpha, j'ai choisi de fixer la valeur de la portée de l'influence dans la mesure où les écarts de distance entre les différentes agglomérations ne varient guère tout au long de la période. La portée de l'interaction correspond à la distance à partir de laquelle l'influence s'annule ou devient négligeable (Pumain, Saint-Julien 2001 : 43). J'ai donc déterminé cette portée comme la distance à laquelle un pôle avait perdu les trois quarts de son influence. La distance de la portée est ensuite calculée à partir de la moyenne des distances au

4. Entre 12 et 18 m de hauteur, si on rapporte le diamètre des tours de Nages (11 m) et Ambrussum (13,9 m) au diamètre de la tour préromaine de Nîmes (17 m) dont la hauteur est estimée à 18 m.

plus proche voisin de chaque agglomération qui s'élève à environ 13 km, soit une portée égale à environ 10 km (3/4 de 13 km). Ce chiffre est évidemment contestable, mais il s'appuie sur les seules données tangibles dont nous disposons à l'heure actuelle.

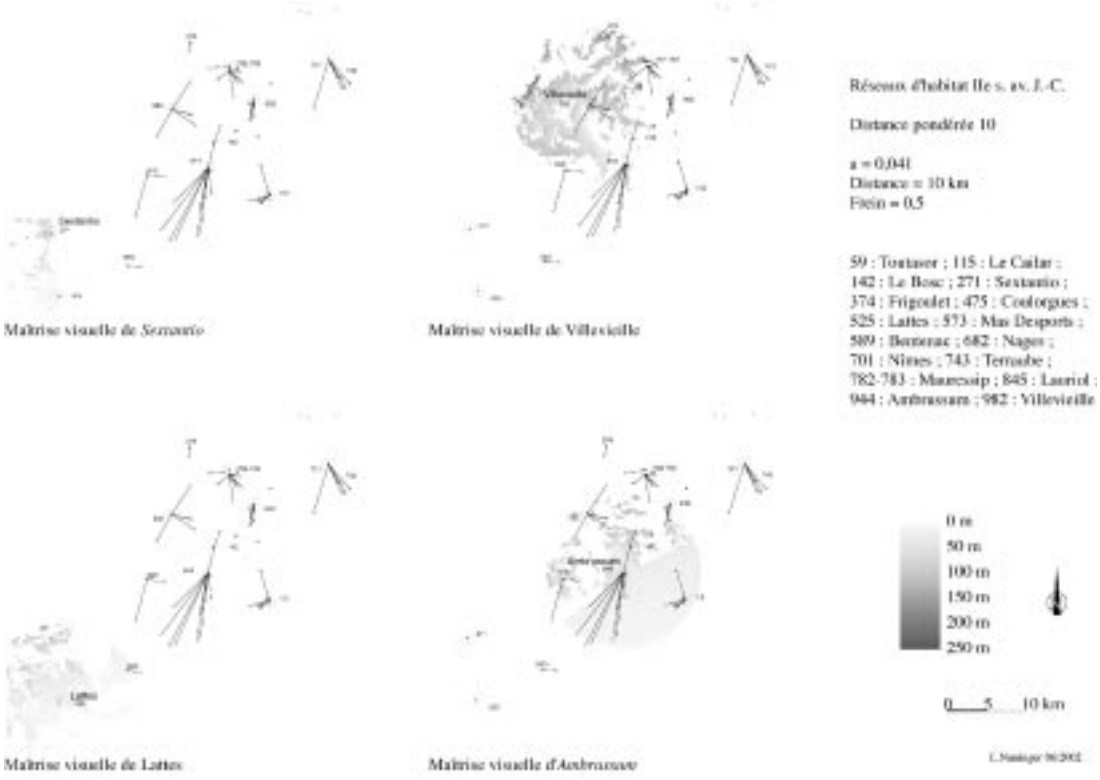

Figure 6-Exemples de carte de maîtrise visuelle depuis les oppida avec les réseaux ajustés

La valeur de la portée fixée, il reste à déterminer celle du frein à la distance. Le frein à la distance n'est pas une constante, mais une valeur relative qu'il faut définir en fonction du problème traité (Gillon 1997 : 128). C'est une valeur de friction qui permet d'agir sur la distance. Par exemple, sur une même distance dans le cas d'un déplacement en train, la friction sera moins élevée que dans le cas d'un parcours à cheval où Beta prendra une valeur plus forte. Dans notre modèle, où les déplacements s'effectuent pour l'essentiel à pied, cette remarque implique des valeurs assez fortes pour Beta, en général proche de 2 (information Hélène Mathian, ingénieur de l'équipe PARIS). Toutefois, dans la mesure où nous avons déjà pondéré les distances en fonction de la topographie et où la portée n'excède pas 10 km, soit 2 h de marche à raison de 5 km/heure, la friction de la distance apparaît finalement diminuée. Dans ce cas, le paramètre Beta devient un coefficient très intéressant pour comparer l'effet de la distance sur les différentes périodes de l'Âge du Fer et les valeurs du coefficient pourront alors s'interpréter de la manière suivante (Gillon 1997 : 268) :

- les coefficients les plus élevés sont caractérisés par une forte friction de la distance et donc par une intensité de l'attraction qui décroît rapidement. Dans ce cas, un pôle aura tendance à lier des contacts étroits avec les partenaires les plus proches.

- les coefficients les plus bas, définis par une faible friction de la distance, sont associés à une intensité de l'attraction qui décroît lentement. Les pôles auraient donc des contacts avec des partenaires plus éloignés que les précédents.

Pour chaque période, il est nécessaire de tester plusieurs coefficients Beta, en adoptant progressivement la valeur qui permettait d'obtenir les réseaux répondant au meilleur compromis de polarisation, pour éviter au maximum un excès d'électrons libres, de maîtrise visuelle et de logique topographique.

8- L'analyse des résultats

La modélisation, la création et la confrontation systématique de nouvelles couches d'information ont rendu possible un ajustement progressif du modèle de réseau d'habitat proposé. La démarche utilisée ne vise pas à élaborer une restitution complexe et parfaitement exhaustive des réseaux d'habitat mais à créer des filtres. Ces derniers permettent d'écarter le "bruit" dû à des facteurs considérés comme majeurs afin d'identifier des anomalies plus complexes et approfondir notre questionnement sur l'organisation du peuplement avec un retour sur les données archéologiques de base et le développement d'analyses locales plus fines. Pour les études de cas se reporter à la bibliographie (Durand-Dastes et al. 1998 et Nuninger 2002).

Modélisation spatiale des zones d' « infield » (champs cultivés de manière permanente ou semi-permanente)

Projet : projet Dynamique du peuplement et territoires en Languedoc oriental du VIIIe s. av. au XVIe s. ap. J.-C., en cours depuis 1985
Zone étudiée : France, Vallée du Rhône, Languedoc oriental, Vaunage (dizaine de kilomètre au sud-ouest de Nîmes, Gard)
Auteurs : L. Nuninger

Résumé : Afin d'appréhender l'organisation des zones cultivées de manière permanente ou semi-permanente dans l'environnement des établissements archéologiques, nous avons cartographier l'ensemble des zones d'indices hors-sites, interprétées comme de l'épandage agraire provenant de fumure domestique, eu égard à leur répartition générale, à la qualité des tessons de céramique et à leur quantité. L'analyse porte à la fois sur la distribution spatiale et l'interpolation chronologique de ces zones. L'expérience a été conduite sur l'âge du fer (VIe-Ier s. av. J.-C.) dans la région de la Vaunage (Gard).

Objectifs :

- Appréhender la distribution des espaces exploités par les communautés protohistoriques, en dehors de tout indices sur la morphologie parcellaire.
- Créer une nouvelle couche d'information qui pourra ensuite être confrontée aux données existantes (répartition des établissements, cartes des sols…)
- Analyser la dynamique de l'initiative agraire sur le long terme : six siècles dans le cadre de cette expérience, mais le modèle peut être étendu à l'antiquité et à la période médiévale.

Discussion :

- Le modèle n'est fondé que sur la répartition des amphores et mériterait d'être complété pour les autres périodes avec les autres types de céramique.
- La prospection systématique est difficilement envisageable sur les pentes et collines recouvertes par la garrigue, en outre l'érosion locale sur les sommets et les pentes masque très probablement une grande partie des indices hors-sites dans ces zones ce qui tronque nécessairement les résultats de la modélisation.
- Il est nécessaire de compléter cette approche avec d'autres analyses plus ponctuelles mais plus fines (fouilles, analyses sédimentaires, palynologiques, anthracologiques…), afin de mieux les interpréter et contribuer à la modélisation spatiale de l'anthropisation du milieu.

Bibliographie spécifique :

1. Nuninger 2002 : Peuplement et territoires protohistoriques du VIIIe au Ier s. av. J.-C. en Languedoc oriental (Gard-Hérault), Thèse de doctorat, sous la direction de A. Daubigney et F. Favory, Université de Franche-Comté, soutenue le 11 décembre 2002 : http://tel.ccsd.cnrs.fr/documents/archives0/00/00/29/81/index_fr.html

2. Nuninger 2003 : Approche méthodologique d'un espace agraire protohistorique : la Vaunage (Gard), *Actualité de la recherche en Histoire et Archéologie agraires*, PUFC, Besançon 2003 (Colloque international AGER V Besançon, 19–20 septembre 2000).

Méthodologie :

Cette modélisation des zones d' "infield" repose à la fois sur des données archéologiques (indices sites et hors-sites) et des références ethnologiques utilisées notamment pour déterminée des paramètres de distance entre l'habitat et les champs enrichis par des fumures domestiques.

Elle s'appuie sur quatre hypothèses fondamentales :

1. L'interprétation des indices "hors-sites" comme les vestiges d'épandage agraire d'origine domestique (Nuninger 2002 : 159-163, Nuninger 2003)
2. La présence, par période chronologique, des différentes catégories de céramiques à proportion équivalente dans les habitats et dans les champs.
3. La polarisation des champs fumés autour de l'habitat.
4. Une certaine stabilité des rapports de distance dans la pratique de la fumure d'origine domestique au sein des sociétés agricoles traditionnelles. D'après des références ethnologique en Afrique actuelle ou dans la France du 18e siècle (Nuninger 2002 : 161-162), quelle que soit la régularité de la pratique et le mode de transport utilisé (charroi, corbeille…), la fumure concerne essentiellement les jardins et les cultures jardinées qui sont proches de l'habitat (moins d'un kilomètre), mais aussi des champs plus éloignés dont les sols de qualité supérieure peuvent recevoir encore un peu de fumier dans une bande de 1 à 2 km du village.

La pratique de la fertilisation des champs ne correspond cependant pas uniquement à l'épandage de fumures domestiques mais peut-être réalisée par enfouissement d'engrais vert, par brûlis ou par parcage. Autant de pratiques qui ne laissent aucune trace archéologique, et incitent d'emblée à prendre conscience que les zones d'artefacts épars (épandages agraires) n'offriront qu'une image tronquée de l'espace exploité. Image que l'on s'emploiera toutefois à relativiser eu égard à l'échelle chronologique adoptée (au minimum le siècle) et au mode de découverte en surface qui gomment les rythmes agraires et donnent une image relativement homogène de tous les espaces qui ont pu être colonisés pour une agriculture relativement intensive. En outre, le modèle développé utilise le principe des zones tampons pour redonner toute son homogénéité à l'espace cultivé par une communauté.

Données nécessaires : établissements archéologiques géo-référencés (implantation humaine, hors funéraire et cultuelle, avec une occupation continue), zones d'indices hors-sites enregistrées systématiquement.

Logiciels utilisés : Arc-View, Excel, Illustrator.

Procédure : La procédure d'utilisation de ce modèle peut se résumer en 6 étapes, au cours desquelles nous exposerons les bases théoriques, les choix opérés et les protocoles techniques mis en œuvre.

1- Digitalisation des zones d'indices hors-sites (épandages agraires)

L'analyse statistique et spatiale des zones d'épandage implique la réalisation d'une nouvelle couche d'information spatiale qui pourra ensuite être confrontée aux données existantes (répartition des établissements, carte des sols…). D'un point de vue technique, toutes les zones cartographiées sur plan cadastral au 1/5000e lors de l'enquête de terrain sont d'abord reporté sur la carte IGN au 1/25000 puis chaque zone est digitalisée pour être intégrée dans un système d'information géographique (SIG). Dans notre cas, la digitalisation a été faite sous Arc-Info par l'intermédiaire d'un calque et d'une table à digitalisée, mais il est tout à fait possible de le faire plus simplement dans Arc-View, à partir du fond géo-référencé Scan25 de l'IGN.

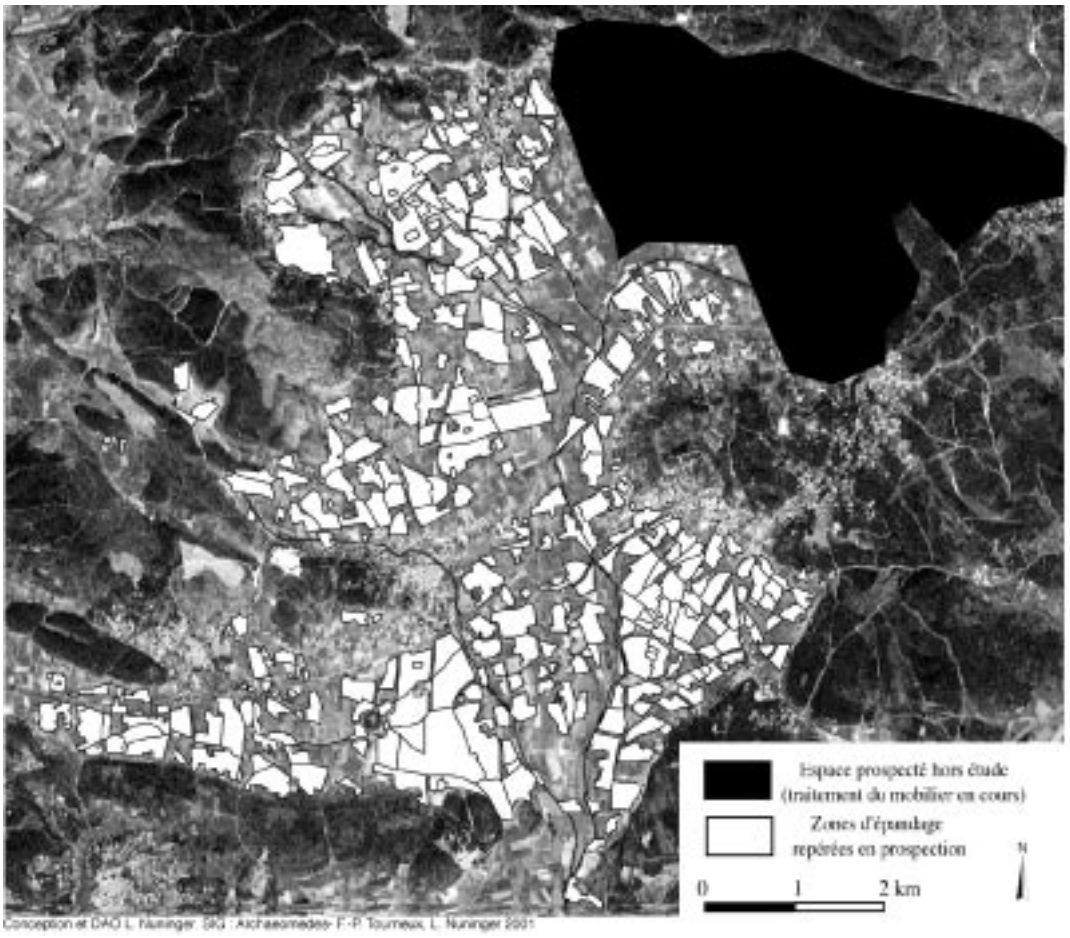

Figure 7- Zones d'épandage digitalisée, toutes périodes confondues

2- Traitement et analyse statistique des lots mobiliers de chaque zone

La spatialisation de l'information brute apporte peu d'éléments, si ce n'est une série de cartes avec une information de type présence-absence selon chaque type de céramique. Pour cette raison, j'ai donc choisi, d'orienter mes tests sur les marqueurs chronologiques les plus pertinents, c'est-à-dire les amphores. En effet, les autres types de céramiques sont :

- soit précisément datables, mais très rares dans le mobilier d'épandage. C'est le cas par exemple de la céramique grise monochrome, de la céramique fine de type attique, campanienne…

- soit quantitativement bien représentés, mais chronologiquement imprécis. C'est le cas par exemple de la céramique non tournée qui est présente du début à la fin de l'Âge du Fer.

Malgré ce choix, les fourchettes chronologiques considérées demeurent très larges, ce qui ne permet pas une approche très fine de l'exploitation du territoire par les communautés de l'Âge du Fer. En effet, il faut noter que les amphores, de type étrusque et italique, sont présentes de manière significative pendant plus de 2 siècles, tandis que l'amphore massaliète s'étale sur 5 siècles. Nous avons donc un premier problème de représentativité puisque la quantité cumulée d'amphore massaliète apparaît au moins 2 fois plus importante que celles des amphores étrusques et italiques. Nous noterons aussi les difficultés que peuvent présenter les problèmes de taphonomie et de conservation différentielle selon le type de céramique. Toutefois, nous ne possédons pas encore de données suffisantes pour estimer leur impact.

Ainsi, il reste difficile d'appréhender les découvertes de surface avec une grille chronologique fine, d'autant que l'identification des formes céramiques est complexe, en particulier pour les tessons d'épandage qui correspondent, pour l'essentiel, à des fragments de panse. En outre, il faut souligner que les quantités de tessons retrouvés sont souvent insuffisantes et que certains sont mal conservés et restent indéterminés. Il nous faut donc évaluer la dynamique chronologique de ces zones autrement que sur la seule analyse typologique du mobilier.

Pour cela, nous avons la chance de posséder un référentiel avec des proportions très précises des différents types d'amphores présentes dans la région nîmoise, par périodes de 20 à 25 ans. Ces chiffres proviennent des découvertes réalisées sur les gisements fouillés de la région (Py 1990 : 62). Nous pourrions exploiter un référentiel plus précis sur la seule région de la Vaunage, mais il demeure problématique pour le Ve s. av. J.-C. En effet, les rares fouilles liées à cette période ne sont pas suffisamment fiables, comme c'est le cas de Mauressip, d'après M. Py. Ainsi, ce référentiel présente une lacune qu'il apparaît très complexe de combler dans l'immédiat. Pour cette raison, j'ai préféré utiliser à titre de référentiel l'ensemble des gisements de la région nîmoise qui est sans doute moins proche de la réalité vaunageole, mais plus homogène chronologiquement.

En considérant l'hypothèse que le mobilier des fumures provient des rejets d'habitats, on peut admettre que la distribution des différents types d'amphores sur l'ensemble des périodes est la même sur les lieux d'habitats et dans les zones cultivées. Dans ces conditions, je propose d'estimer le nombre de tessons d'amphore présents par siècle pour chaque unité d'épandage selon cette règle. Dans le cas où nous observons trois unités d'épandage, les UE A, B et C par exemple, l'opération consiste à relever pour chacune le nombre de tessons collectés selon chaque type d'amphore (Tableau 1).

À partir de ces données, il est possible de calculer les effectifs théoriques, qui représenteront le nombre de tessons estimés pour chaque type d'amphore par tranche d'un siècle, selon sa représentation dans le référentiel nîmois (Tableau 2).

Ainsi, pour chaque unité d'épandage, on attribue l'effectif global d'une amphore à chaque siècle de sa durée d'utilisation en le pondérant avec le pourcentage calculé, dans le référentiel, pour chacun des siècles concernés. Par exemple :

- dans l'unité A, pour l'amphore étrusque et la période 640-601, l'effectif théorique de tessons est de (12 x 14,64) / 100 = 1,7.

- dans l'unité A, pour l'amphore étrusque et la période 600-501, l'effectif théorique de tessons est de (12 x 69,28) / 100 = 8,3.

Ce calcul nous permet d'obtenir un bilan des effectifs théoriques pour chaque unité d'épandage (Tableau 3).

Il faut noter que ces effectifs théoriques par siècle correspondent à chaque unité d'épandage (UE), quelle que soit leur surface. Cependant, leur pondération, par calcul de densité, s'effectue automatiquement lors de la spatialisation dans le SIG, qui dispose d'un attribut de surface pour chaque zone (unité d'épandage) digitalisée. Ainsi, à partir du total théorique de tessons d'amphore, par unité et par tranche chronologique, il est possible de réaliser une carte par siècle de la distribution des densités d'amphores.

Pour régler des problèmes de représentation statistique, les superficies étant calculées en m^2 dans le SIG, chaque effectif de tessons est multiplié par 10000, afin de raporter les densités à 1 hectare. Ensuite, l'ensemble des unités fait l'objet d'un regroupement en 4 classes suivant une progression géométrique dans la mesure où notre série statistique est dissymétrique. Ces quatre classes représentent des appréciations relatives telles que :

- "traces" (jusqu'à 0,01 tesson théorique par hectare)

- "très rare" (de 0,01 à 0,1 tesson théorique par hectare)

- "rare" (de 0,1 à 1 tesson théorique par hectare)

- "fréquent" (densité supérieure à 1 tesson théorique par hectare)

Les classes obtenues nous permettent d'apprécier à échelle constante l'évolution des densités d'épandage par période. L'intérêt de ces cartes est donc de comparer les différentes périodes et d'identifier les grandes tendances de l'occupation et de l'exploitation du sol à travers la densification des épandages (Figure 8). Cependant la sur-représentation de l'amphore italique par rapport à l'amphore étrusque et massaliète tend, pour les périodes du Ier et IIème siècle, à valoriser les classes de fortes densités. Ce phénomène correspond pour une part à une réalité archéologique, à savoir le développement sensible des échanges à la fin de l'Âge du Fer mais, pour une part aussi, à un probable phénomène taphonomique, la meilleure résistance de l'amphore italique à l'érosion et aux agents de décomposition chimique.

La relation entre l'évolution de l'habitat et les espaces amendés devrait en théorie permettre de dessiner pour chaque communauté la partie du finage[5] exploitée sous la forme de cultures intensives. Cependant, bien qu'il existe une certaine cohérence entre la répartition de l'habitat et les zones d'épandage, certaines zones s'avèrent relativement déconnectées de l'habitat, soit par une discontinuité évidente, soit par une distance de plus de 4 km. Ce phénomène est probablement dû à la datation complexe des épandages qui implique une durée

5 Nous utilisons les termes de finage et de terroir selon le sens défini par R. Lebeau (Lebeau 2000). Ce rappel de la terminologie est important car ces notions sont encore fortement discutées selon les différentes écoles géographiques et selon les disciplines (ethnographie, histoire, etc…). Ainsi par exemple dans de nombreuses études ethno-géographiques, on parle d'un "terroir africain" comme d'une "portion de territoire appropriée, aménagée et utilisée par le groupe qui y réside et en tire ses moyens d'existence" (Sautter 1993 : 641). L'interprétation de ces termes est donc source d'ambiguïté, voire de contresens, et sans vouloir entrer dans le débat du bon usage de l'un ou de l'autre, j'ai fait le choix d'une définition communément adoptée au sein de mon groupe de recherche.

d'existence aussi longue que celle du type d'amphore reconnu et la méconnaissance d'une partie des zones habitées (détruites ou recouvertes). Pour tenter de dépasser ce clivage, j'ai retourné le problème avec comme point de départ une réflexion sur les pratiques agraires et leurs traductions hypothétiques dans l'espace.

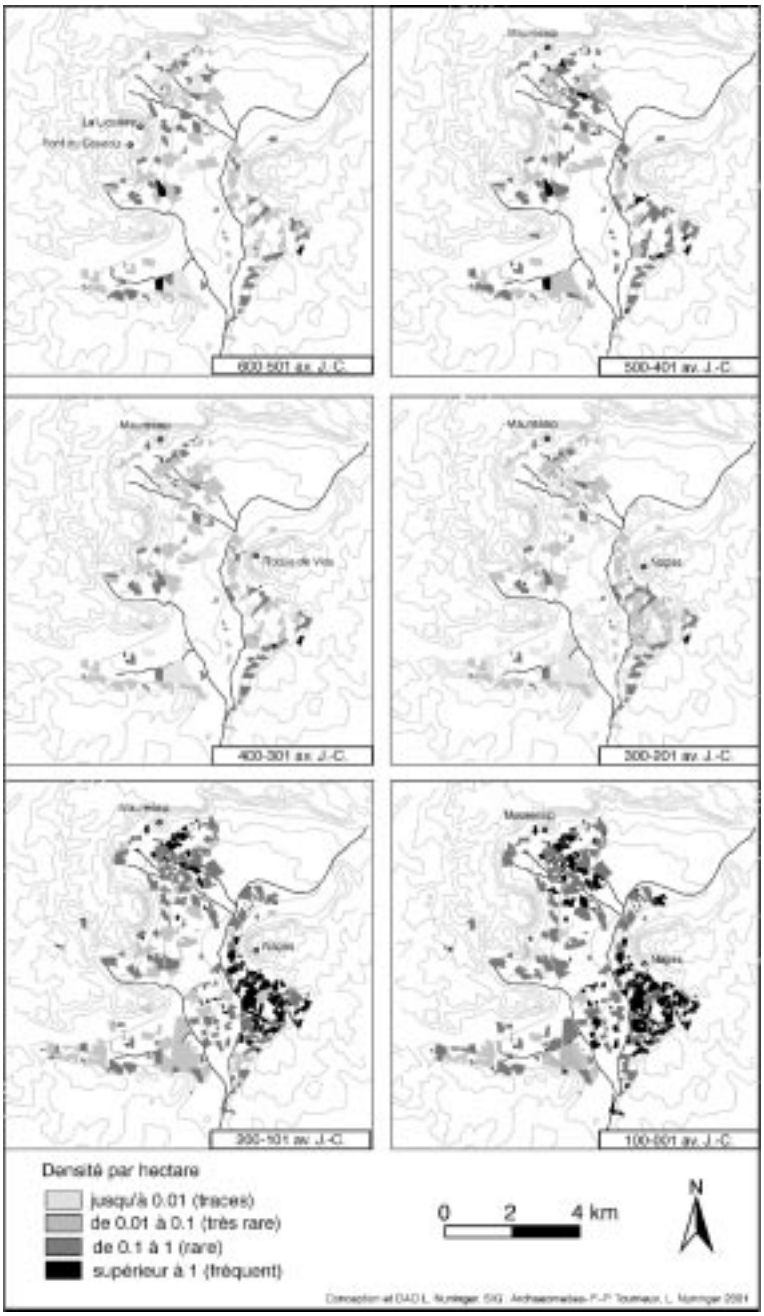

Figure 8- Densité des zones d'épandage au cours de l'Âge du Fer en Vaunage (Gard)

Unité d'épandage (UE)	Amphore Etrusque	Amphore Massaliète	Amphore Italique
A	12	3	0
B	2	6	4
C	0	12	25

Tableau 1 - Effectifs des tessons collectés par unité d'épandage selon le type d'amphore (test démonstratif)

Dates	Amphore Etrusque	Amphore Massaliète	Amphore Italique	TOTAL
640-601	14,64 %	-	-	1,84 %
600-501	69,28 %	9,59 %	-	13,37 %
500-401	15,89 %	50,24 %	-	26,57 %
400-301	0,19 %	18,33 %	-	8,99 %
300-201	-	12,19 %	0,26 %	6,06 %
200-101	-	9,29 %	31,90 %	16,84 %
100-001	-	0,36 %	67,84 %	26,33 %
TOTAL	100%	100%	100%	100 %

Tableau 2 - Référentiel nîmois. Proportions par siècle et par type d'amphore d'après le tableau des effectifs de tessons découverts en stratigraphie sur l'ensemble de la région nîmoise (Py 1990 : 62)

UE A	Amphore Etrusque	Amphore Massaliète	Amphore Italique	TOTAL
640-601	1,8	-	-	1,8
600-501	8,3	0,3	-	8,6
500-401	1,9	1,5	-	3,4
400-301	0	0,5	-	0,6
300-201	-	0,4	-	0,4
200-101	-	0,3	-	0,3
100-001	-	0	-	0
TOTAL*	12	3	-	15

UE B	Amphore Etrusque	Amphore Massaliète	Amphore Italique	TOTAL
640-601	0,3	-	-	0,3
600-501	1,4	0,6	-	2
500-401	0,3	3	-	3,3
400-301	0	1,1	-	1,1
300-201	-	0,7	0	0,7
200-101	-	0,6	1,3	1,8
100-001	-	0	2,7	2,7
TOTAL*	2	6	4	12

UE C	Amphore Etrusque	Amphore Massaliète	Amphore Italique	TOTAL
640-601	-	-	-	-
600-501	-	1,2	-	1,2
500-401	-	6	-	6
400-301	-	2,2	-	2,2
300-201	-	1,5	0,1	1,5
200-101	-	1,1	8	9,1
100-001	-	0	17	17
TOTAL*	0	12	25	12

* Les effectifs sont arrondis à une décimale, ce qui explique l'écart avec les totaux présentés.

Tableau 3 - Effectifs des tessons estimés par siècle selon le type d'amphore (test du tableau 5)

3- Elaboration d'un modèle théorique de dispersion de l'épandage agraire d'origine domestique

À partir de références ethno-géographiques, j'ai cherché à évaluer des distances moyennes entre l'habitat et les champs fumés en fonction de la « taille » des établissements (habitats isolés, hameaux ou village, agglomérations) et des besoins théoriques en termes d'espace d'après l'agronomie traditionnelle.

A- Éclairage ethnographiques

En règle générale dans les sociétés traditionnelles, les champs qui bénéficient d'un épandage de fumure correspondent aux zones de cultures permanentes. La distance entre ces champs et l'habitat dépend de deux conditions essentielles : d'une part la disponibilité en volume de fumier et, d'autre part, les capacités de transport disponibles. Si le fumier est peu abondant, les paysans auront tendance à l'épandre dans les champs les plus proches. Si c'est le problème du transport qui est en cause, il n'y a pas de limite absolue de la distance, mais juste une gêne suffisamment importante pour établir une distance critique. Dans les deux cas, l'organisation des cultures ainsi enrichies sera de forme concentrique autour de l'habitat. La superficie des zones cultivées de manière intensive ou semi-intensive varie selon le nombre d'habitants du village. D'après plusieurs exemples du Sénégal, du Mali, du Burkina Faso, du Ghana, Niger, du Cameroun et du Soudan (Dupré, Guillaud 1988 : 58 ; Hallaire 1984 : 395-404 ; Lebeau 2000 : 110-111 ; Sautter 1993 : 448-451), nous pouvons évaluer la présence de ces zones dans un rayon moyen d'une centaine de mètres jusqu'à 2 ou 3 km. Ensuite, jusqu'à 5 ou 6 km, s'étendent des cultures extensives et itinérantes. Dans ces zones, les champs les plus proches de l'habitat, à moins d'1 km, bénéficient d'épandages réguliers tandis que les terres de qualité supérieure peuvent recevoir encore un peu de fumier jusqu'à 2 km du village (Sautter 1993 : 450-451). Si le rayon d'action des communautés varie en fonction de leur taille, il faut noter que ce rayon est d'autant plus limité que les agriculteurs sont regroupés. De la même manière, mais inversement, le rayon d'épandage sera aussi relativement limité si les communautés sont totalement éclatées en petites unités familiales et ne possèdent pas suffisamment de ressources en bétail pour renouveler le troupeau et fumer leur terre. Comme nous l'avons déjà fait remarquer, il est difficile d'évaluer le poids démographique supporté par chaque type d'établissement et d'essayer de transposer le modèle africain sur nos données. Mais, en nous inspirant de ces différentes valeurs, nous pouvons tout de même retenir quelques fourchettes moyennes et les appliquer sur notre carte des épandages.

B- Analyse archéologique

Tout d'abord j'ai fait le choix de distinguer trois grands types d'unité d'habitat en m'appuyant à la fois sur des références ethnographiques (Remy 1967 ; Barral 1968 ; Tissandier 1969) et archéologiques[6] : les unités familiales "isolées" dont on peut estimer une

6. Ces chiffres ont été élaborés à partir des estimations les plus basses, c'est-à-dire celle du début de l'Âge du Fer où d'après les estimations de M. Py, on peut évaluer la densité de population à 4 habitants pour 150 m^2 (cf. Nuninger 2002 : 90-94; Py 1990 : 70), soit à 0,0266 habitant par m^2. En outre, ils tiennent compte de la surface presque toujours "exagérée" des établissements découverts en prospection et plus généralement des estimations larges de l'emprise des villages ou agglomérations. À titre de comparaison, les densités retenues par Ch. Goudineau et par F. Trément, même pour le premier Âge du Fer sont très nettement supérieures puisque leur estimation basse est fondée sur 0,057 habitant par m^2 (Goudineau 1980 : 152 ; Trément 2000 : 95-96)

population moyenne de 5 à 15 habitants (cabanes, fermes…) et les unités familiales regroupées (hameaux, village) dont on peut estimer une population de plus de 50 à 300 personnes et les agglomérations fortifiées pour lesquelles on peut compter une population de plus de 1000 habitants. J'ai ensuite défini des rayons d'action moyen pour la fumure à partir de quelques références sur les terroirs africains (Lebeau 2000 : 110-111, Sautter 1993 : 448-451, Remy 1967 : 38, 67 et cartes, Barral 1968 : 29) et d'après l'évaluation moyenne des capacités de production du système à jachère et culture attelée légère (Mazoyer, Roudart 1997 : 244). Dans le cas d'une unité familiale, j'ai retenu un rayon de 200 m, ce qui équivaut à une superficie de 12 ha environ cultivés en permanence ou semi-permanence, dont M. Mazoyer et L. Roudart estiment qu'elle peut nourrir environ 10 personnes avec l'équivalent d'un troupeau de 12 bovins ou de 60 têtes de petit bétail (ovins-caprins). Pour les unités familiales regroupées, le rayon est étendu à 1000 m ce qui correspond à une superficie d'environ 315 ha dont on estime qu'elle peut nourrir jusqu'à 200 ou 300 habitants avec un troupeau de plus de 300 bovins ou 1500 moutons ou chèvres. Dans le cas des grandes agglomérations du second Âge du Fer, notamment au IVe et IIIe s. av. J.-C., dont la population peut être estimée à plus de 1500 habitants[7], la surface cultivée dépasse probablement un rayon de 1000 m. En outre, comme il est possible que quelques champs reçoivent encore un peu de la fumure jusque dans un rayon de 2000 m, j'ai choisi un rayon d'action moyen de 1500 m, ce qui correspond à une superficie de plus de 700 ha, soit une capacité à nourrir au moins 600 personnes avec un troupeau de 700 bovins ou 2800 têtes de petit bétail.

4- Sélection des zones d'épandages par période

L'application de ces différents modèles sur les cartes d'épandage par siècle vise à sélectionner les zones en relation avec l'organisation de l'habitat. De manière plus précise, toutes les zones qui sont comprises au moins partiellement dans le rayon sont attribuées à l'établissement central. Dans ces conditions, tout en respectant le principe aréolaire globalement reconnu dans toutes les agricultures traditionnelles, nous dépassons le modèle théorique de forme circulaire souvent appliqué dans les approches de type Site Catchment Analysis en s'appuyant sur des faits archéologiques pour définir une zone cultivée dont la forme s'adapte selon différents facteurs (topographiques, pédologiques, humains…) et se rapproche d'une réalité probablement plus tangible à l'image de ce que l'on peut encore observer sur certains finages africains.

Protocole technique sous ArcView

La modélisation des finages est réalisée d'un point de vue technique, à partir de plusieurs opérations de sélection sous le logiciel Arc-View.

Au départ, nous disposons d'un projet avec :

- un thème "EtabPerA", c'est-à-dire les établissements occupés à une période A, localisés par leur coordonnées lambert et dont la superficie est renseignée en attribut.

- un thème "EpaPerA", soit les zones d'épandages de la période A (cf. ci-dessus)

1- Il s'agit d'abord de sélectionner tous les établissements de superficie inférieure à 1 ha (c'est-à-dire les petites exploitations "familliales") à partir de l'outil requête dans le menu "thème".

Ensuite, il est nécessaire d'activer le thème "EpaPerA" pour opérer une "sélection par thème" dans le menu "thème". Dans la boîte de dialogue qui s'ouvre alors, il faut sélectionner l'option "sont dans le périmètre",

7. En considérant une densité de 0,03 habitants/m^2, cf., Nuninger 2002 : 90.

choisir le thème des entités sélectionnées, ici "EtabPerA" puis définir le périmètre de sélection : 200 m. Enfin, demander un nouvel ensemble de sélection.

L'opération 1 doit être répétée pour chaque classe de superficie et chaque périmètre définis au préalable, en ajoutant la nouvelle sélection aux précédentes, option "ajouter à la sélection".

5- Modélisation des zones d'"infield"

Le rayon dans lequel les champs sont fumés correspond à une zone que l'on peut qualifier d'"infield", c'est-à-dire une zone de champs cultivés de manière permanente ou semi-permanente. Elle s'oppose à une zone dite d"outfield" où la forêt et les espaces de pacages dominent avec quelques cultures de plein champ (Brunet, *et al.* 1993 : p277, Sautter 1993 : 454-455).

La zone d'*infield* peut être modélisée en associant toutes les zones d'épandage dans un espace homogène. En partant de l'hypothèse qu'il n'y a pas de vide inexpliqué dans cette zone d'*infield*, nous avons dessiné son contour avec l'application d'un espace tampon de 200 m autour de chaque zone d'épandage. En outre, l'utilisation de ce modèle pour les différentes périodes permet de couvrir quasiment toutes les zones d'épandage à amphore étrusque et massaliète, ainsi que l'essentiel des épandages à amphore italique. Concernant les deux premiers types, nous pouvons supposer qu'il existe de petits habitats à proximité de cette dizaine de zones isolées, établissements qui échapperaient au repérage par les prospections. Il en est probablement de même pour l'amphore italique, mais les zones supplémentaires peuvent aussi s'expliquer par un problème de datation, puisque ce type d'amphore est encore largement reconnu dans le premier quart du Ier s. ap. J.-C. Il faut souligner que cette modélisation s'appuie sur les zones d'épandage relevées en prospection de surface, et rappelons qu'aucun vestige n'a été identifié sur les pentes situées autour des habitats fortifiés de hauteur car elles sont couvertes par la garrigue. Ainsi, malgré l'absence de traces archéologiques il conviendrait peut-être d'associer ces pentes à la zone d'*infield*. Et d'autant plus qu'il a été reconnu que la pratique des cultures en terrasse est probable depuis le VIe s. av. J.-C. et certaine dès les Ve-IVe s. av. J.-C., d'après les fouilles du quartier des Bénédictins et de la ZAC de Villa Roma (Garmy, Monteil 2000 : 39, Guillet, *et al.* 1992 : 57-58). Cependant, en ce qui concerne la Vaunage, un sondage géomorphologique situé en piémont de Roque de Viou a montré que le paléosol ne portait aucune trace d'apport sédimentaire lié au ruissellement consécutif à l'exploitation des pentes, contrairement à ce que l'on peut observer au cours de la période gallo-romaine (Poupet *in* Ginouvès, *et al.* 1990 : 392-393). En revanche, le sommet des collines, notamment les combes semblent largement exploitées, comme en témoigne celle de Saint-Dionisy où "le substrat calcaire est, à l'affleurement, jonché de tessons de céramique provenant des fumures, le sol ayant été fragilisé par les travaux aratoires et entraîné sur la pente par l'érosion" (Poupet 1999 : 135).

Protocole technique sous ArcView

2- Quand les entités du thème "EpaPerA" sont toutes sélectionnées selon la règle définie ci-dessus, l'ensemble des zones doit être relié pour éviter les terroirs vides, inexplicables au sein d'un finage. Pour cela, nous utilisons la fonction "créer des zones tampons" dans le menu "thème".

Dans la boîte de dialogue qui s'ouvre alors, il faut choisir les entités du thème "EpaPerA" (vérifier que l'option "utiliser uniquement les entités sélectionnées" soit bien cochée). Adapter la "distance spécifiée" en fonction de la situation. Pour déterminer la distance optimale, il est conseillé d'effectuer plusieurs tests avec la fonction "anneaux concentriques" qui permet d'approcher progressivement la distance qui comble les lacunes, sans que les zones se recouvrent mutuellement. Cliquer sur suivant puis cocher l'option "agréger les zones

tampons" et demander l'option "uniquement à l'extérieur du ou des polygones". Enfin, enregistrer le résultat dans un nouveau thème : "FinagePerA".

Les opérations 1 (cf. ci-dessus) et 2 sont à répéter autant de fois qu'il y a de périodes considérées.

6- Estimation de la surface de la zone d'outfield

La zone d'*outfield* est, quand à elle, beaucoup plus difficile à estimer puisqu'elle n'a laissé aucune trace matérielle. Mais si l'on considère la superficie totale de l'*infield* modélisée par siècle, on peut tenter d'évaluer celle de l'*outfield* nécessaire qui, en région méditerranéenne, peut être estimée à 20 ha pour 6 ha d'*infield* (Mazoyer, Roudart 1997 : 244). Ainsi l'occupation de l'espace par le finage agricole pourrait être estimé de 26 km^2 au VIe s. av. J.-C. à 88 km^2 au Ier s. av. J.-C. sur une centaine de km^2 que compte l'ensemble de la Vaunage[8] (Tableau 4). Évidemment, en l'état actuel de nos connaissances, nous n'avons aucun moyen de vérifier la validité de tels chiffres, mais la multiplication des analyses carpologiques, anthracologiques et paléo-environnementales nous permettront peut-être, dans un futur proche, de confronter les estimations de superficie cultivée, de bois exploité…

Période	Surface de l'infield en ha	Surface théorique de l'outfield en ha	Surface théorique du finage en km^2
VIe s. av. J.-C.	620	2066	26,86
Ve s. av. J.-C.	1066	3553	46,19
IVe s. av. J.-C.	984	3280	42,64
IIIe s. av. J.-C.	1133	3776	49,09
IIe s. av. J.-C.	1553	5176	67,29
Ier s. av. J.-C.	2032	6773	88,05

Tableau 4 – Evolution de la superficie théorique du finage agricole en Vaunage protohistorique (surface totale de référence : 6393 ha)

7- Analyse de la dynamique agraire

La spatialisation des épandages et la modélisation des finages cultivés, relevant de l'"infield", semblent montrer une structuration progressive de l'espace exploité. Très morcelée au premier Âge du Fer, la mise en valeur de l'espace tend à s'homogénéiser avec des zones d'épandage dense agglomérées autour de l'habitat, comme on peut très nettement l'observer à partir du IIe s. av. J.-C. aux pieds des *oppida*. Cette évolution semble s'accompagner d'une évolution dans les pratiques agraires avec un investisement croissant des communautés dans la préparation et la gestion de leur terre. Pour les études de cas se reporter à la bibliographie (Nuninger 2002 : 175-184).

8. La superficie des communes concernées par les épandages, c'est-à-dire sans la Vaunage orientale (Clarensac, Langlade et Caveirac) représentent environ 64 km^2, mais il faut noter que l'outfield peut largement dépasser ce cadre restrictif puisqu'il s'ajoute à la zone d'infield, et qu'il n'est pas nécessairement compris dans l'espace proche mais peut correspondre à des pâturages plus éloignés des cultures, sur les communes actuelles limitrophes.

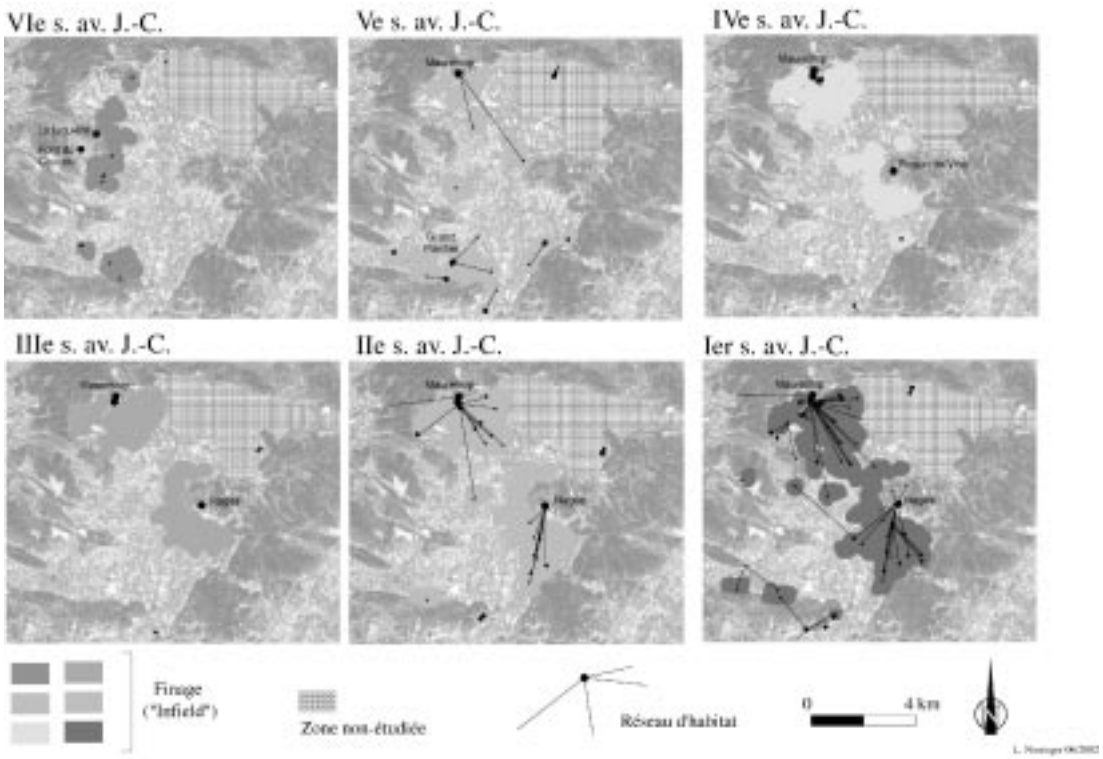

Figure 9- Réseaux d'habitat et finages en Vaunage (Gard)

Approche synthétique, retour sur les données archéologiques et interprétation

La confrontation des différentes informations archéologiques ou dérivées grâce à la modélisation présentée, ci-dessus, nous a ensuite permis d'aborder, dans une analyse dynamique du peuplement de la région, le problème des territoires protohistoriques selon un nouvel éclairage complétant la classique démarche régressive.

Pour développer notre propos, nous présenterons juste l'exemple de la région nîmoise et en particulier un cas d'étude centré sur le second Âge du Fer et sur les trois *oppida* de la micro-région de la Vaunage : Mauressip, Roque de Viou et Nages. Concernant cet espace occupé par les Volque Arécomique durant la protohistoire, la question était de savoir : quelle a pu être l'organisation territoriale de ce peuple et à partir de quand l'*oppidum* de Nîmes a pu jouer un rôle de capitale ou, tout du moins, de place centrale ?

Les premiers établissements du plus haut niveau hiérarchique sont créés dans la région à partir de la fin du VIe et au début du Ve siècle. Parmi ces derniers, on note celle des *oppida* de Nîmes et de Mauressip qui se présentent alors comme des groupements d'habitats assez lâche. À partir du IVe s. av. J.-C., ces deux agglomérations semblent se développer avec un phénomène d'urbanisation et commencent à afficher des signes ostentatoires de contrôle territorial sous la forme de tours et de fortifications. Toutefois, ces développements ne semblent pas se traduire de manière plus affirmée à Nîmes que sur les autres *oppida*. En outre, la spatialisation des indices d'habitats et d'aménagements agraires sur les agglomérations de Nîmes et de Mauressip tendent à montrer que l'emprise des deux pôles est similaire au moins jusqu'au début du IIe s. av. J.-C. (Nuninger 2002 : 215-218). Ces quelques observations et les résultats des fouilles sur chacun des oppida régionaux (Py 1990) nous incitent à envisager une mosaïque de communautés dont les pôles émergents traduisent le pouvoir et le contrôle par chacun de sa portion de territoire. À cette époque, aucun pôle ne semble dominer clairement les autres. Et même si il est possible d'envisager un système d'alliances entre ces communautés sous la forme d'une confédération, il est fort probable qu'elle ait été suffisamment souple pour autoriser un rapport sinon conflictuel, au moins concurrentiel.

Cette hypothèse est renforcée par l'évolution des manisfestations ostentatoires qui se succèdent et ne cessent de s'amplifier entre le IVe et le Ier s. av. J.C. avec la construction de fortifications toujours plus massives et de tours de plus en plus hautes sur chacun des *oppida* régionaux (Nuninger 2002b). En outre, une anomalie spatiale dans le maillage du peuplement, située dans la région de l'*oppidum* de Mauressip, attire notre attention et semble soulever un certain nombre de questions dans ce sens.

En effet, jusqu'au début du IVe s. av. J.-C., cet *oppidum* est sans doute le seul établissement groupé de la micro-région Vaunage. Son imlantation stratégique sur une butte résiduelle lui permet, en outre, de contrôler visuellement l'ensemble de la boutonnière et de ses entrées au sud, au nord-ouest et au nord-est en direction de Nîmes. Jusqu'à la fin du Ve s. av. J.-C., la Vaunage est aussi occupée, dans sa partie sud, par plusieurs petits établissements de plaine dispersés et quasiment pas connectés au sein de réseaux locaux. Ces derniers disparaissent ensuite au profit d'une seule implantation plus importante, d'environ 2500 m2, localisée au sud-est de la boutonnière. Au cours de la même période, nous pouvons noter que l'occupation de la butte de Mauressip se développe considérablement et s'accompagne d'un réseau de piémont incluant au moins six établissements (Nuninger, Raynaud 2000 : 45). La

primauté de l'agglomération de Mauressip semble donc bien assise à cette époque en Vaunage. Toutefois, à partir de 375 av. J.-C., le paysage change puisqu'un nouvel habitat, Roque de Viou, s'implante sur une colline qui fait face à la butte de Mauressip. Cet habitat, qui s'étend sur près de six hectares, se dote dès sa création d'un rempart en pierre (Py 1990 : 308). Le choix de ce site, à moins de 5 km de Mauressip, sur un promontoire facilement accessible depuis Nîmes - tandis que d'autres auraient pu satisfaire aux mêmes exigences - apparaît assez singulier. Si l'on admet alors un contexte de concurrence entre les deux agglomérations de Nîmes et de Mauressip, ne peut-on émettre l'hypothèse du soutien de Nîmes dans l'installation d'une communauté concurrente du pôle de Mauressip ? Ce type de communauté aurait pu exister, dès le Ve s. av. J.-C., dans les établissements dispersés du sud de la Vaunage. Le caractère ostentatoire de l'enceinte élevée en direction de Mauressip, dès la création du site de Roque de Viou, et la vaste surface enclose de l'agglomération, rendent cette implantation pourtant difficilement imaginable sans une réaction assez vive de la communauté de Mauressip ou sans un accord tacite dû au soutien extérieur de la communauté nouvellement installée. Ainsi, cette installation pourrait signifier une marque indirecte de contestation territoriale de la communauté nîmoise vis-à-vis de celle de Mauressip.

Toutefois, nous pourrions envisager un tout autre scénario qui justifierait l'implantation de Roque de Viou, comme l'installation d'une partie de la population appartenant à la même communauté que Mauressip. Cela, afin de renforcer le contrôle du passage dans le bassin de la Vaunage, et d'affirmer la territorialité de cette communauté vis-à-vis de la communauté nîmoise. Pourtant, l'évolution spatiale et monumentale de ces deux pôles de Vaunage rend cette dernière hypothèse plus improbable puisque l'on assiste successivement, du milieu du IVe à la fin du IIe s. av. J.-C., au déploiement de fortifications de plus en plus importantes et prestigieuses. En outre, il faut noter un phénomène important, celui du déplacement de la communauté de Roque de Viou qui s'installe à quelques centaines de mètre sur la colline voisine de Nages à la fin du IVe s. av. J.-C. Ce mouvement de population pourrait alors s'expliquer par le règlement d'un conflit qui toucherait les deux agglomérations.

En effet, même si cela ne constitue pas une explication en soi, nous pouvons tout de même souligner que le déplacement de l'habitat se fait d'un lieu situé dans la zone de maîtrise visuelle de l'*oppidum* de Mauressip vers un lieu protégé. La colline qui domine le village actuel de Nages étant orienté au sud, en contrebas du massif rocheux de Roc de Viou, n'est plus visible depuis Mauressip. Si l'on croise les différentes zones de maîtrise visuelle de chacun de ces *oppida*, nous pouvons percevoir que celle de Roque de Viou entre en contact avec la quasi-totalité de l'espace maîtrisé par Mauressip (Figure 10). En revanche, l'emprise visuelle de Nages n'empiète que sur la moitié de la zone vue de Mauressip. La succession chronologique de ces implantations nous permet alors de suggérer l'hypothèse suivante. L'installation de la communauté de Roque de Viou, au IVe s. av. J.-C., pourrait s'imposer comme une concurrente face à celle de Mauressip, dont la création au Ve s. av. J.-C. lui assurait un contrôle foncier certainement plus ancien et mieux ancré. Cette impression de concurrence serait renforcée par la construction de fortifications massives autour de l'agglomération de Roque de Viou dès les premières décennies de son occupation. Ces fortifications, symboles de l'affirmation territoriale du groupe de Roque de Viou et visibles depuis Mauressip, pourrait agir comme une menace sur cette dernière communauté.

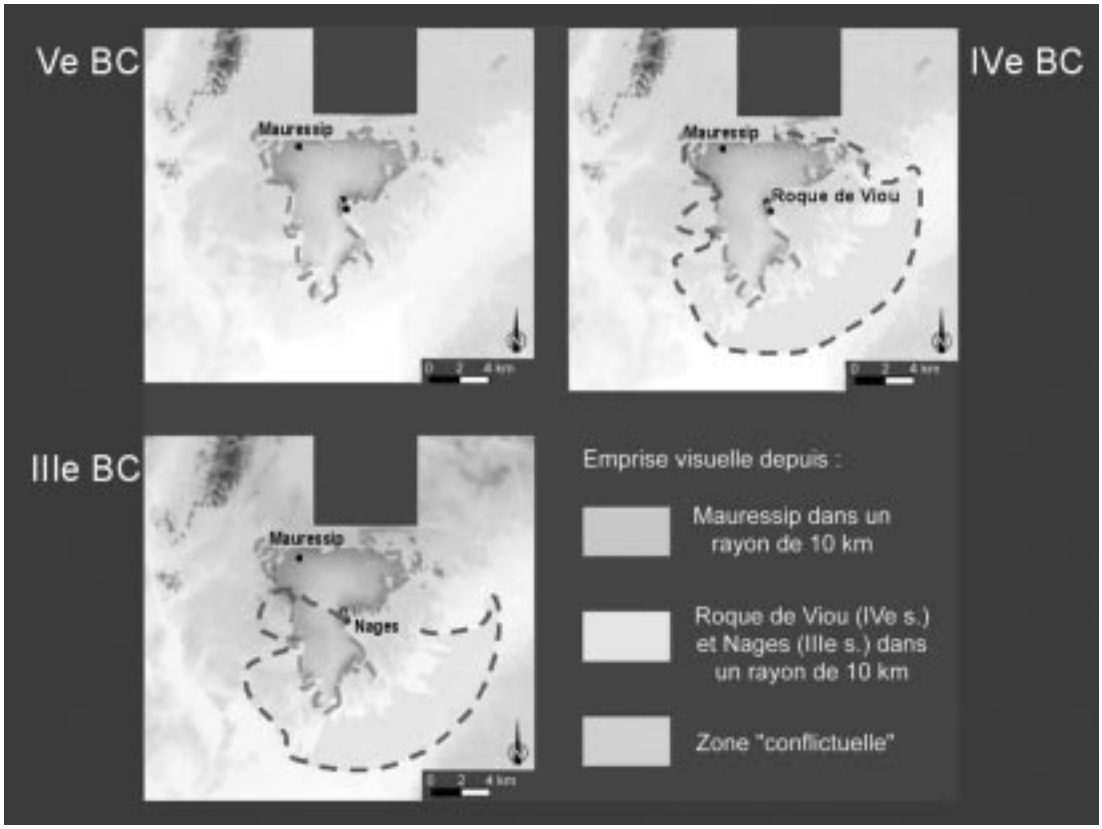

Figure 10- Maîtrise visuelle depuis les oppida de Mauressip, Roque de Viou et Nages

Nous pourrions alors envisager que la création de Roque de Viou résulte d'un mouvement de population avec l'abandon des habitats dispersés au profit d'un regroupement des communautés. Cette stratégie ne répondrait pas nécessairement à un soucis de proximité physique mais plutôt d'alliances se nouant entre les groupes. Ainsi, on peut suggérer l'existence d'un contrôle foncier de chacun des deux centres sur un ensemble de terres discontinues et entremêlées dans un même espace global que chacun cherche à dominer. Toutefois, dans un contexte d'extension de l'espace cultivé et de régression des zones disponibles pour la mise en valeur de terres neuves, cette situation apparaît à terme conflictuelle. À partir du IIIe s. av. J.-C., il semblerait qu'une solution soit ainsi apportée avec le déplacement de la communauté de Roque de Viou sur la colline des Castels à Nages, dont l'emprise visuelle par rapport à celle de Mauressip suggère un partage relativement équitable de la zone d'influence entre les deux communautés. L'absence de destruction violente dans l'agglomération de Roque de Viou pourrait alors refléter l'existence d'un accord relativement pacifique, mais largement défavorable à la communauté de Roque de Viou. Cette dernière se voit, en effet, obligée de réinvestir dans la construction d'une nouvelle agglomération et probablement dans la mise en valeur de nouvelles terres pour reconstituer son territoire. Cette interprétation de l'événement signifierait que Mauressip est encore capable d'opposer un pouvoir suffisamment fort aux autres communautés pour conserver son assise territoriale, même si cette dernière apparaît fragilisée par le partage des zones d'influences en Vaunage.

Par conséquent, si on admet cette hypothèse, l'exemple de Mauressip - Roque de Viou/Nages, impliquerait des relations d'ordre politico-économique entre les communautés que l'on peut assimiler à des tribus[9]. Une question demeure toutefois concernant ce type de conflit territorial : pouvait-il se régler entre deux communautés ? supposait-il l'intervention d'un organe extérieur, sous la forme d'un "conseil inter-tribal" ou d'une "chefferie dominante" ?

L'état de nos connaissances archéologiques ne permet malheureusement pas de trancher sur cette question, mais il milite dans le sens d'une organisation politique régionale assez limitée. En effet, à cette époque, aucun indice ne permet de percevoir la présence d'institutions suffisamment fortes pour assurer la cohésion et la stabilité de l'ensemble des communautés, en tout cas à l'échelle de la région étudiée. Tout d'abord, il n'y a pas de frappe monétaire locale avant la fin du IIe s. av. J.-C. Ensuite, même en considérant que l'ensemble des lois et des règles communautaires soient orales, aucun espace n'apparaît dédié à la pratique des assemblées, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur des agglomérations. Enfin, sur le plan religieux, l'archéologie ne livre guère plus d'information car aucun grand sanctuaire susceptible d'accueillir l'ensemble de communautés n'est connu aux IVe – IIIe s. av. J.-C. En effet, l'aménagement d'un tel sanctuaire à Nîmes, dédié au culte des "Mères", semble remonter au milieu du IIe s. av. J.-C. Cependant, cette absence reste d'interprétation délicate car nous savons qu'il existe dans le Var des lieux cultuels de plein air totalement dénués de structures bâties, mais caractérisés par des offrandes et des dépôts (monnaies, objets métalliques…), qu'il est difficile de repérer et qui font souvent l'objet de découvertes fortuites (Brun, Michel 2000 : 260-262 ; Arcelin 2000 : 275). Dans tous les cas, si l'on n'en connaît pas le lieu, ce que l'on peut affirmer c'est que l'ensemble des communautés partageait des cultes similaires et honoraient des dieux communs dès le Bronze final IIIb, comme probablement le dieu celtique à la roue Taranis (Bérato 2002 : 168), puis le culte des sources (Fiches 1989 : 225) et certainement celui des tours (ancêtre ?) comme le laisse supposer la permanence de ce type de pratique sous la forme de dépôts d'autels miniatures après la quasi-désertion des *oppida,* au Ier s. de notre ère (Fiches*, et al.* 1978 : 155-182). Mais l'existence de ces pratiques jusqu'en Provence ne permet toujours pas de fonder sur ce seul aspect la possibilité d'une fédération politique et religieuse des communautés à l'échelle de la région étudiée.

À partir du IIe s. av. J.-C. et surtout au Ier s. av. J.-C., la concurrence entre les pôles semble avoir atteint sont acmée et tandis que certaines communautés contribuent à s'étouffer mutuellement, d'autres au contraire affirment leur développement. En effet, dès le IIe av. J.-C., on observe la création de petits établissements classés comme des annexes agraires ou des petits habitats peu durables. Leur implantation autour des pôles de peuplement, présents au IIIe siècle, tend à montrer l'expansion de ces pôles. En effet, l'application du modèle selon les mêmes contraintes que celles appliquées pour les périodes précédentes, révèle toute une série de liens entre les établissements, ne laissant quasiment aucune occasion pour l'implantation d'habitats isolés, contrairement à ce que l'on a pu mettre en évidence au cours des périodes précédentes, notamment au Ve s. av. J.-C..Le caractère expansif de cette nouvelle occupation du sol est remarquable dans l'évolution qui se produit entre le IIe et le Ier s. av. J.-C. En effet, la nébuleuse constituée par l'ensemble des petits établissements semble s'étendre, se diffuser

9. Le mot "tribu" est ici utilisé dans le sens que lui confère M. Godelier : "une société qui fonctionne réellement et exerce sa souveraineté sur un territoire déterminé. C'est donc une entité politique qui naît à la jonction des composantes matérielles et idéelles de la vie sociale, sort de leur fusion et en gère la reproduction" (Godelier 1999 : 28-29).

progressivement. Globalement, chacun des pôles paraît maîtriser l'espace de ses ambitions. Seuls ceux de Mauressip et Nages voient leur progression rapidement limitée l'un par l'autre, d'autant qu'ils sont les pôles les plus « productifs » en matière de petits établissements. En effet, ils exercent chacun leur tutelle sur 8 à 10 établissements. Ces derniers se répartissent de manière homogène à partir du piémont de chaque *oppidum*, à l'exception d'une annexe agraire. Le modèle théorique des réseaux rattache cette annexe à Mauressip, toutefois la localisation de celle-ci dans la zone d'emprise visuelle de Nages permet de s'interroger soit sur la validité de ce rattachement, soit sur la fonction et l'intérêt de ce rattachement pour le pôle de Mauressip

En l'état actuel de nos connaissances, nous ne pouvons privilégier l'une ou l'autre des propositions, mais il est intéressant de comparer cette situation à celle qui va suivre aux Ier s. av. J.-C. En effet, dans un premier temps, cette annexe demeure liée à Mauressip tandis que, dans la seconde moitié du Ier s. av. J.-C., Nages étend son réseau à l'ouest du Rhôny, rattachant des établissements voisins de l'annexe considérée. Ces changements dans la structuration des réseaux nous permettent de distinguer une zone de conflit d'influence corroborée par l'extension des finages respectifs des pôles de Mauressip et Nages qui, dès le Ier s. av. J.-C., se rejoignent dans la même zone, à la limite de l'emprise visuelle de Nages (Figure 11). À cette époque, nous pouvons admettre que l'expansion territoriale des deux pôles est contrainte et qu'elle peut impliquer un nouveau "conflit" entre les deux agglomérations.

L'observation des réseaux au Ier s. ap. J.-C., suggère ensuite un discrédit de la communauté de Mauressip, dont l'influence se rétracte avec la montée en puissance d'un nouveau pôle, secondaire, en limite de l'emprise visuelle de Nages, à Sinsans, dans la seconde moitié de la période (Figure 12). Dans ces conditions, l'expansion de Mauressip se voit contrainte sur un espace de plus en plus réduit, jusqu'à la régression puis la disparition de l'agglomération à la fin du Haut-Empire. Tandis que tous les autres *oppida* perdurent actuellement sous la forme d'un village sur ou en piémont de l'agglomération protohistorique, Mauressip figure parmi les trois qui font exceptions, avec *Sextantio* et *Ambrussum.* Après leur abandon, l'agglomération la plus proche se développe à plus de 2 km du site occupé.

En dehors des cas particulier de Mauressip et d'*Ambrussum*, il faut souligner, dès le Ier s. av. J.-C., l'émergence de nouveaux pôles qui dominent de petits réseaux. Il pourrait s'agir de hameaux ou d'établissements qui se développeront ensuite sous la forme d'une *villa*. Ces établissements s'implantent dans des zones interstitielles, aux confins des aires d'influence des *oppida* (Figure 13). Au Ier s. ap. J.-C., le développement progressif de leur réseau contribue à concurrencer le territoire des communautés anciennes (Durand-Dastes*, et al.* 1998 : 221-224), de manière plus ou moins marquée comme nous venons de le voir. Cette situation pourrait confèrer à Nîmes un statut d'autant plus important qu'elle semble développer son emprise territoriale, notamment dès la fin du Ier s. av. J.-C., où elle connaît les plus grandes phases de son expansion avec le développement de sa trame urbaine et la construction d'une parure monumentale qui lui est attribuée par Auguste (Monteil 1999 : 365-366).

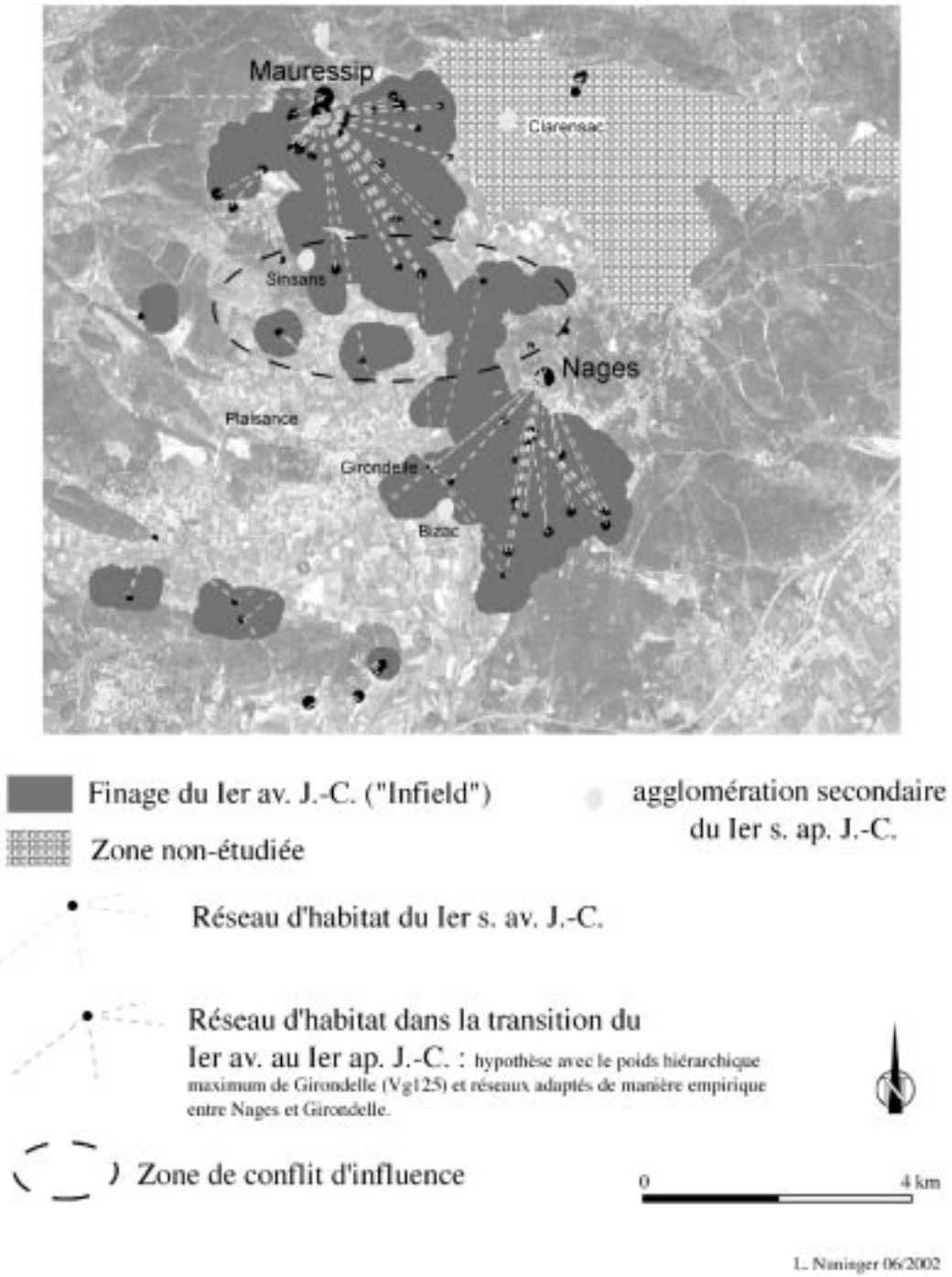

Figure 11-Zone de conlit d'influence entre Nages et Mauressip, en Vaunage, au Ier s. av. J.-C.

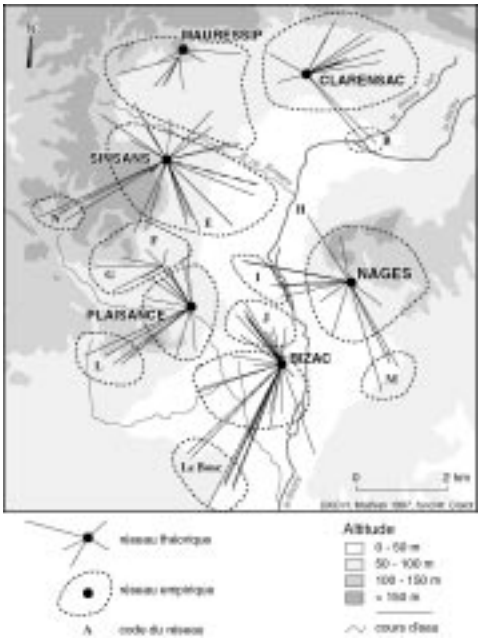

Figure 12- Réseaux d'habitats aux Ier s. ap. J.-C. en Vaunage (dans Durand-Dastes et al. 1998 : 216)

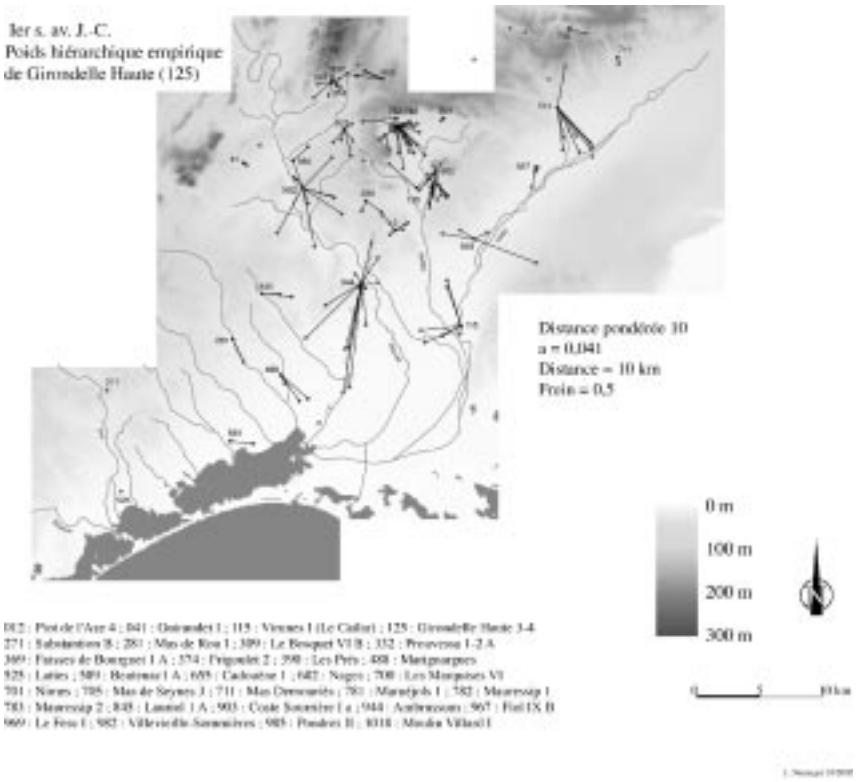

Figure 13- Réseaux du Ier s. av. J.-C.

CONCLUSION : vers un nouveau modèle conceptuel des territoires protohistoriques

Au terme de ce travail, les résultats proposés ouvrent finalement plus de questions qu'ils n'apportent de réponses en ce qui concerne les héritages protohistoriques et les apports de la politique coloniale romaine dans la définition des groupes ethniques et de leur territoire. La position de Nîmes en tant que capitale, voire même comme place centrale dans un système confédéral[10], apparaît indiscutable au Ier s. av. J.-C., mais est-ce le cas dans les périodes antérieures ?

Cela paraît fort peu probable dans les deux premiers siècles qui suivent la création de l'agglomération nîmoise, au Ve-IVe s. av. J.-C., si on rapporte son emprise spatiale et son statut hiérarchique à celle des autres agglomérations indigènes, notamment celle de Mauressip. La capacité à perdurer des deux agglomérations étant équivalente, il reste à comprendre pourquoi Nîmes deviendra la capitale des Volques arécomiques, tandis que Mauressip sombrera progressivement, jusqu'à être totalement déserté à la fin du Haut Empire. En poussant le raisonnnement, j'en suis arrivée à m'interroger sur l'origine indigène de l'entité arécomique, non pas sur le peuple en lui-même qui est déjà implanté dans la région, mais sur sa conscience d'appartenir à l'ethnie volque arécomique, voire à une même ethnie, avant l'intervention romaine. Aussi, en admettant que l'ethnie arécomique soit une création romaine, elle demeure inconcevable sans fondements indigènes. Ce raisonnement circulaire suggère de revoir notre approche des territoires protohistoriques souvent cantonnée dans la recherche de limites, de frontières : il ne s'agit pas de multiplier des méthodes de plus en plus sophistiquées, mais de réfléchir sur la conception protohistorique du système territorial à différentes échelles. En Languedoc oriental, quelques observations m'ont permis de proposer une piste qui s'appuie sur un système en réseau, ou en "chaîne de sociétés" pour reprendre l'expression de J.-L. Amselle, dont les liens s'inscrivent à la fois dans la continuité et dans les mutations des sociétés indigènes (Amselle, M'Bokolo 1985 (réed. 1999)).

Au cours du IIe Âge du Fer par exemple, chacune de ces communautés guidée par l'élite dirigeante semble développer son propre territoire avec l'extension, puis l'aménagement de son finage, par l'implantation d'établissements dépendants à proximité des champs cultivés. Cette évolution s'accompagne aussi d'une affirmation de la puissance de chacune des communautés à travers la construction de fortifications et de tours à fonction autant militaire que symbolique qui servent à voir et à être vu depuis les confins de l'espace maîtrisé. Ce dernier point suggère une certaine autonomie des communautés qui gèrent et défendent leur propre espace et paraît remettre en cause un système d'intégration avec centralisation du pouvoir dans une seule agglomération, Nîmes par exemple. Toutefois, le niveau de démonstration enregistré dans les pôles avec des courtines constamment plus massives, des tours toujours plus hautes et plus prestigieuses, laisse supposer que le finage de chacune des communautés n'est pas l'unique enjeu de leur concurrence. L'apport de techniques extérieures au monde indigène dans la construction des tours, comme le parement de type héllenistique à

10. Selon M. Py "Nîmes affirmerait une prééminence au moins économique et cultuelle" (Py 1990 : 178) ; selon M. Bats elle serait "un établissement hiérarchiquement dominant au centre d'une zone de service en forme de cercle ou d'hexagone" (Bats 1992 : 265, 272) ; enfin, d'après M. Monteil, on pourrait voir en Nîmes la ville de premier rang économique et politique de la région dans "un système confédéral où toutes les agglomérations seraient effectivement dotées d'institutions propres, mais où Nîmes servirait de siège des magistratures supérieures" (Monteil 1999 : 492).

Mauressip par exemple, conforte cette impression en supposant des alliances entre communautés grecques et indigènes qui dépassent probablement le seul accord commercial. Le lien ainsi établi renforcerait le prestige de la communauté et le pouvoir territorial de son élite dirigeante, si on admet que ce pouvoir est fondé sur les relations qui permettent aux communautés, d'une part de s'insérer dans des réseaux d'alliance et, d'autre part, de développer le leur sans forcément suivre un système d'emboîtement hiérarchique ou une domination totale par la communauté partenaire ( ) . L'appartenance à un réseau d'alliances assurerait un certain nombre de contacts propres à faciliter les transactions et à apporter un soutien en cas de problème. Le développement de son propre réseau d'alliances garantirait la capacité à mobiliser la force de travail, le soutien d'autres communautés, voire des ressources sous la forme d'un tribut en échange d'une protection.

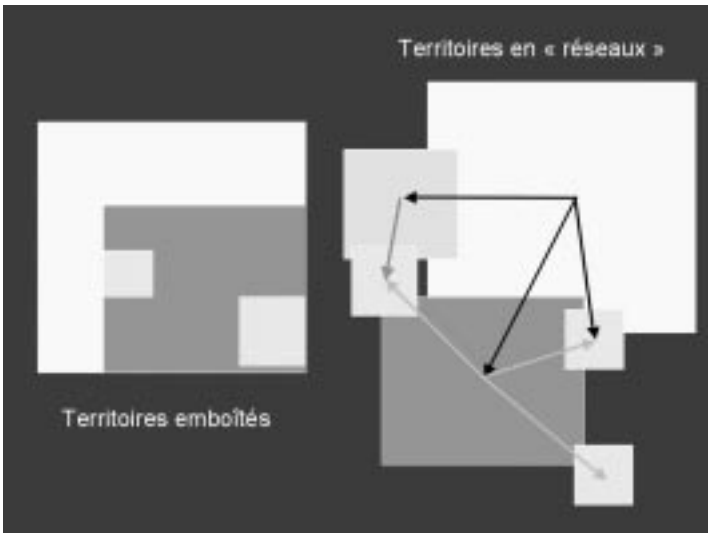

Figure 14- Territoires emboîtés et territoires en réseaux

Le modèle proposé demeure évidemment tributaire de notre connaissance, assez superficielle, de la fonction des établissements dispersés. Si la typologie hiérarchique a permis une première approche en donnant une échelle de référence relative, elle ne peut compenser notre méconnaissance de ces structures et il faut souligner la nécessité de fouiller ce type d'établissement, d'une part pour valider la démarche typologique, d'autre part pour mieux appréhender la nature et la fonction de ces établissements. En outre, le développement d'une "archéologie du champ" apparaît indispensable pour vérifier les hypothèses concernant l'évolution des pratiques agraires qui peuvent expliquer, en partie, la mutation du système de peuplement au cours de l'Âge du Fer. Enfin, ces deux démarches, qui supposent des fouilles et des décapages, doivent être pensées et réalisées ensemble, dans la mesure du possible, afin de mieux appréhender la relation qu'entretiennent les communautés avec l'espace qu'elles exploitent.

Dans l'immédiat, envisager un schéma fondé sur des réseaux d'alliances souligne l'intérêt d'une approche sur la dynamique des relations que peuvent entretenir les différentes communautés au sein d'un espace, entre elles et avec les intervenants extérieurs (relation et implantation commerciale ou coloniale). Évidemment, ce type de démarche est peu employé en archéologie car, en l'absence de textes, les données à notre disposition sont difficilement exploitables dans ce sens. Comme nous avons pu le montrer dans cette étude, l'analyse des

dynamiques spatiales peut toutefois contribuer à nous éclairer, avec le repérage des anomalies par rapport au modèle de structuration général de l'habitat. À ce sujet, nous pouvons rappeler l'exemple de la Vaunage décrit ci-dessus

Toutefois, cette démarche reste relativement limitée, il semble maintenant nécessaire de nourrir ces modèles d'analyse spatiale en intégrant une dimension sociale et cognitive plus importante dans l'approche du peuplement qui, à mon sens, reste trop souvent conditionnée dans une réflexion de type environnementaliste. L'exemple du Languedoc oriental souligne de légères préférences dans les conditions d'implantation selon les périodes, et on peut observer une tendance, à la fin de l'Âge du Fer, vers la diversification des milieux choisis et une meilleure exploitation du potentiel topographique et pédologique offert par la région mais le milieu n'apparaît pas comme un facteur déterminant dans les choix d'implantation et ne peut par conséquent expliquer à lui seul les transformations de l'organisation spatiale de l'habitat.

Le comportement humain perceptible dans ces choix d'implantation et ces stratégies territoriales, doit donc être analysé de manière systématique pour montrer que l'organisation spatiale du peuplement et son évolution sont le résultat de la combinaison complexe de la perception, du raisonnement et du comportement de plusieurs groupes d'individus qui ont chacun leur propre représentation de l'espace. La logique territoriale de chaque groupe résulte de deux paramètres : son inscription dans une logique globale, celle d'une culture ou d'un réseau commun, et une logique particulière, celle de sa communauté. La perception de l'espace fait donc appel à une multiplicité de points de vue qu'il faut prendre en compte dans la modélisation spatiale. Il est alors nécessaire d'étudier toutes les logiques en œuvre dans la maîtrise d'un espace et de réfléchir sur les interactions qui s'opèrent entre les groupes pour tenter d'appréhender les processus cognitifs qui vont permettre à une société de structurer un territoire.

BIBLIOGRAPHIE

Amselle, M'Bokolo 1985 (réed. 1999) : AMSELLE J.-L., M'BOKOLO E. (dir.). - *Au cœur de l'ethnie, Ethnie, tribalisme et État en Afrique*. Poche-Sciences Humaines et Sociales, La Découverte, Paris, 1985 (réed. 1999).

Arcelin 2000 : ARCELIN P. - Expressions cultuelles dans la Gaule méridionale du premier Âge du Fer. *In* : JANIN T., VAQUER J. (dir.). - *Mailhac et le premier âge du fer en europe occidentale,* MAM ; 7, CNRS, UMR 154 de Montpellier/Lattes, Lattes, 2000, 271-290.

Barral 1968 : BARRAL H. - *Tiogo (Haute-Volta).* Atlas des Structures agraires au sud du Sahara . 2, Mouton/Maison des Sciences de l'Homme, Paris-La Haye, 1968.

Barruol 1969 (réed. 1999) : BARRUOL G. - *Les peuples préromains du sud-est de la Gaule : étude de géographie historique*. (réed. RAN supplément 1), De Boccard, Paris, 1969 (réed. 1999).

Bats 1992 : BATS M. - Marseille, les colonies massaliètes et les relais indigènes dans le trafic le long du littoral méditerranéen gaulois (VIe-Ier av. J.-C.). *Étude massaliètes,* 3, 1992, 263-278.

Bérato 2002 : BÉRATO J. - Territoire et faciès culturel à l'Âge du Fer dans le Var : bilan de vingt ans de recherches. *In* : GARCIA D., VERDIN F. (dir.). - *Territoires celtiques : Espaces ethniques et territoires des agglomérations protohistoriques d'Europe occidentale,* Errance, Paris, 2002, 160-172.

Bertoncello 1999 : BERTONCELLO F. - *Le peuplement de la basse vallée de l'Argens et de ses marges (Var) de la fin de l'Âge du Fer à la fin de l'Antiquité*. Thèse de Doctorat, Archéologie, Université d'Aix-Marseille I, Aix-en-Provence, 1999.

Blum, *et al.* 1992 : BLUM I., DARMEZIN L., DECOURT J.-C., HELLY B., LUCAS G. - *Topographie antique et géographie historique en pays grec*. Monographie du CRA, CNRS, Paris, 1992.

Brun, Michel 2000 : BRUN J.-P., MICHEL J.-M. - Sanctuaires de l'âge du fer dans le Var. *In* : CHAUSSERIE-LAPRÉE J. (dir.). - *Le temps des Gaulois en Provence,* Ville de Martigues, Musée Ziem, Martigues, 2000, 260-262.

Brunet, *et al.* 1993 : BRUNET R., FERRAS R., THÉRY H. - *Les mots de la Géographie, dictionnaire critique*. Reclus - La Documentation Française, Montpellier, 1993.

Christol, Goudineau 1987-1988 : CHRISTOL M., GOUDINEAU C. - Nîmes et les Volques Arécomiques au Ier s. av. J.-C. *Gallia,* 45, 1987-1988, 87-103.

Christopherson, *et al.* 1999 : CHRISTOPHERSON G.-L., BARABE P., JOHNSON P.-S. - *Using ARC GRID's PATHDISTANCE Function to Model Catchment Zones for Archaeological Sites on the Madaba Plain, Jordan*. ESRI User Conference, ESRI, 1999, http://gis.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap590/p590.htm.

Dedet, Py 1985a : DEDET B., PY M. (dir.). - *Les enceintes protohistoriques de Gaule méridionale*. Cahier de l'ARALO ; 14, ARALO, Caveirac, 1985a.

Djindjian 1991 : DJINDJIAN F. - *Méthodes pour l'archéologie*. Armand Colin, 1991.

Dupré, Guillaud 1988 : DUPRÉ G., GUILLAUD D. - L'agriculture de l'Aribinda (Burkina Faso) de 1875 à 1983 : les dimensions du changement. *In* : BONNEFOND P., COUTY P., GERMAIN N. (dir.). - *Système de production agricole en Afrique tropicale,* Cahier des Sciences Humaines ; 24-1, ORSTOM, Paris, 1988, 51-71.

Durand-Dastes, *et al.* 1998 : DURAND-DASTES F., FAVORY F., FICHES J.-L., MATHIAN H., PUMAIN D., RAYNAUD C., SANDERS L., LEEUW S. V. D. - *Des oppida aux métropoles*. Villes, Anthropos, Paris, 1998

Favory, *et al.* 1987-1988 : FAVORY F., GIRARDOT J.-J., RAYNAUD C., ROGER K. - L'analyse des données appliquée à la typologie des sites gallo-romains dans le Beaucairois (Gard) : matériel de prospection et environnement paysager : essai méthodologique. *Gallia,* 45, 1987-1988, 67-85.

Favory, *et al.* 1994 : FAVORY F., GIRARDOT J.-J., RAYNAUD C., ROGER K. - L'habitat gallo-romain autour de l'étang de l'Or (Hérault), Hiérarchie, dynamique et réseaux du IIème s. av. au Vème s. ap. J.-C. *In* : MACTOUX M.-M., GENY E. (dir.). - *Mélanges Pierre Lévêque 8. Religion, anthropologie et société,* ALUFC - Les Belles Lettres, Besançon, 1994, 123-215.

Favory, *et al.* 1999 : GIRARDOT J.-J., NUNINGER L., TOURNEUX F.-P. - Archaeomedes II : une étude de la dynamique de l'habitat rural en France méridionnale, dans la longue durée (800 av. J.-C. - 1600 ap. J.-C.). *AGER,* 9, 1999, 15-35.

Favory, Raynaud 1999 : FAVORY F., RAYNAUD C., MATHIAN H., SANDERS L. - Le territoire : un modèle de l'organisation de l'espace en archéologie rurale ; étude de cas dans la cité de Nîmes. *In* : BRAEMER F., CLEUZIOU S., COUDART A. (dir.). - *Habitat et société,* APDCA, Antibes, 1999, 499-518.

Ferdière, Zadora-Rio 1986 : FERDIÈRE A., ZADORA-RIO E. (dir.). - *La prospection archéologique, paysage et peuplement*. Acte de la table ronde des 14 et 15 mai 1982, DAF, Paris, 1986.

Fiches, *et al.* 1978 : FICHES J.-L., PY M., BESSAC J.-C. - Trois dépôts votifs du Ier siècle de notre ère dans la région nîmoise. *DAM,* 1, 1978, 155-188.

Fiches 1989 : FICHES J.-L. - Tombes et monuments lapidaires dans l'espace rural arécomique (IIIe-Ier siècle avant notre ère). *In* : GENY E., MACTOUX M.-M. (dir.). - *anthropologie et société 2,* Mélanges Pierre Lévêque ; 2, ALUFC - Les Belles Lettres, Besançon, 1989b, 207-235.

FFRP 1994 : FFRP. - *Des Vosges au Jura, topo-guide des sentiers de Grande Randonnée (GR59).* Topo-Guides, Fédération Française de Randonnée Pédestre, Paris, 1994.

Gaffney, Stancic 1991 : GAFFNEY V., STANCIC Z. - *GIS approaches to regional analisys : a case study of the island of Hvar*. Znanstveni institut Filozofske fakultete, Ljubljana, 1991.

Garcia, Verdin 2002 : GARCIA D., VERDIN F. (dir.). - *Territoires celtiques : Espaces ethniques et territoires des agglomérations protohistoriques d'Europe occidentale*. Actes du XXIVe colloque international de l'AFEAF, 1-4 juin 2000, Errance, Paris, 2002.

Garmy, Monteil 2000 : GARMY P., MONTEIL M. (dir.). - *Le quartier antique des Bénédictins à Nîmes (Gard), découvertes anciennes et fouilles 1966-1992*. DAF, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 2000.

Gillon 1997 : GILLON P. - *Contribution à l'analyse des échanges interurbains : modélisation des flux téléphoniques entre les villes françaises*. Thèse de Doctorat, Géographie, Université de Franche-Comté, Besançon, 1997.

Ginouvès, *et al.* 1990 : GINOUVÈS O., JANIN T., POUPET P., VIDAL L. - Paléosols et structures agraires enfouies : quelques exemples d'approche du paysage rural. *In* : FICHES J.-L., LEEUW S. V. D. (dir.). - *Archéologie et Espaces,* APDCA, Juan-les-Pins, 1990, 383-418.

Godelier 1999 : GODELIER M. - Chefferies et États, une approche anthropologique. *In* : RUBY P. (dir.). - *Les princes de la protohistoire et l'émergence de l'État,* École française de Rome, Naples-Romes, 1999, 19-30.

Goudineau 1980 : GOUDINEAU C. - Les antécédents : y a-t-il une ville protohistorique ? La Gaule méridionale. *In* : DUBY G. (dir.). - *Histoire de la France urbaine,* 1, Seuil, Paris, 1980, 141-193.

Guillet, *et al.* 1992 : GUILLET E., LELIÈVRE V., PAILLET J.-L., PISKORZ M., RECOLIN A., SOUQ F. - Un monument à portique tardo-hellénistique près de la source de la Fontaine à Nîmes (Gard). *Dossier des Documents d'Archéologie Méridionale,* 15, 1992, 57-89.

Hallaire 1984 : HALLAIRE A. - La diversité des systèmes agraires, étude de quelques terroirs villageois. *In* : *Le Nord du Cameroun : des hommes et une région,* ORSTOM, Paris, 1984, 375-405.

Hodder, Orton 1976 : HODDER I., ORTON C. - *Spatial analysis in achaeology*. New Studies in Archaeology, Cambridge University Press, Cambridge, 1976.

Lebeau 2000 : LEBEAU R. - *Les grands types de structure agraire dans le monde*. U Géographie, Armand Colin, Paris, 2000.

Leeuw, dir. 1995 : LEEUW S. V. D. (dir.). - *Volume 3 : dégradation et impact humain dans la moyenne et basse vallée du Rhône dans l'Antiquité, partie II : la mobilité de l'habitat rural dans la moyenne et basse vallée du Rhône dans l'Antiquité*. The Archaeomedes project : understanding the natural and anthropogenic causes of soil degradation in the mediterranean basin, Union Européenne, inédit.

Leeuw 1998 : LEEUW S. V. D. (dir.). - *The Archaeomedes project, understanding the natural and anthropogenic causes of land degradation and desertification in the Mediterranean basin*. Science Research Development, European Communities, Bruxelle, 1998.

Leveau 2002 : LEVEAU P. - Les territoires. Un bilan des méthodes d'étude. *In* : GARCIA D., VERDIN F. (dir.). - *Territoires celtiques : Espaces ethniques et territoires des agglomérations protohistoriques d'Europe occidentale,* Errance, Paris, 2002, 9-17.

Mazoyer, Roudart 1997 : MAZOYER M., ROUDART L. - *Histoire des agricultures du monde, du Néolithique à la crise contemporaine*. Seuil, Paris, 1997.

Monteil 1999 : MONTEIL M. - *Nîmes Antique et sa proche campagne*. MAM ; 3, Lattes, 1999.

Nuninger 2002 : *Peuplement et territoires protohistoriques du VIIIe au Ier s. av. J.-C. en Languedoc oriental (Gard-Hérault)*, Thèse de doctorat, sous la direction de A. Daubigney et F. Favory, Université de Franche-Comté, soutenue le 11 décembre 2002, http://tel.ccsd.cnrs.fr/documents/archives0/00/00/29/81/index_fr.html

Nuninger 2002b : NUNINGER L. - Pôles de peuplement et organisation territoriale au second âge du fer en Vaunage, Vidourlenque et Vistrenque (Gard). *In* : GARCIA D., VERDIN F. (dir.). - *Territoires celtiques : Espaces ethniques et territoires des agglomérations protohistoriques d'Europe occidentale,* Errance, Paris, 2002, 139-149.

Nuninger 2003 : Approche méthodologique d'un espace agraire protohistorique : la Vaunage (Gard), *Actualité de la recherche en Histoire et Archéologie agraires*, PUFC, Besançon 2003 (Colloque international AGER V Besançon, 19–20 septembre 2000).

Nuninger, Raynaud 2000 : NUNINGER L., RAYNAUD C. - Dynamique et système de peuplement en Vaunage (Gard) du VIIIe au IVe avant J.-C. *In* : JANIN T., VAQUER J. (dir.). - *Mailhac et le premier âge du fer en europe occidentale,* MAM ; 7, Lattes, 2000, 35-52.

Poupet 1999 : POUPET P. - Qu'est-ce que la pédologie ? *In* : BRAVARD J.-P., CAMMAS C., NEHLIG P., POUPET P., SALVADOR P.-G., WATTEZ J. (dir.). - *La géologie, les siences de la terre,* Archéologiques, Errance, Paris, 1999, 93-138.

Pumain, Saint-Julien 2001 : PUMAIN D., SAINT-JULIEN T. - *Les interactions spatiales*. Cursus géographie, Armand Colin, Paris, 2001.

Py 1990 : PY M. - *Culture, économie et société protohistoriques dans la région nîmoise*. Ecole française de Rome, Paris-Rome, 1990.

Py 1993a : PY M. (dir.). - *DICOCER, Dictionnaire des céramiques antiques de Méditerranée nord-occidentale*. Lattara 6, ARALO, Montpellier/Lattes, 1993a.

Py 1993b : PY M. - *Les Gaulois du Midi, de la fin de l'Age du Bronze à la Conquête romaine*. Mémoire du temps, Hachette, 1993b.

Raynaud 1989 : RAYNAUD C. - Archéologie du paysage autour de l'Etang de l'Or (Hérault), choix, contraintes et méthode de prospection. *Archéologie en languedoc,* 2-3, 1989, 59-83.

Remy 1967 : REMY G. - *Yobri (Haute-Volta)*. Atlas des Structures agraires au sud du Sahara . 1, Mouton/Maison des Sciences de l'Homme, Paris-La Haye, 1967.

Sanders 1989 : SANDERS L. - *L'analyse des données appliquée à la géographie*. Alidade, RECLUS, Montpellier, 1989.

Sautter 1993 : SAUTTER G. - *Parcours d'un géographe. Des paysages aux ethnies, de la brousse à la ville, de l'Afrique au monde*. Arguments, Paris, 1993.

Stancic 1998 : STANCIC Z. - *Territory Analysis with Idrisi*. 1998, http://www.archaeology.usyd.edu.au/VISTA/50-territories_stancic/outline.html.

Tissandier 1969 : TISSANDIER J. - *Zengoaga (Cameroun)*. Atlas des Structures agraires au sud du Sahara . 3, Mouton/Maison des Sciences de l'Homme, Paris/La Haye, 1969.

Trément 1999 : TRÉMENT F. - *Archéologie d'un paysage, les étangs de Saint-Blaise (Bouche du Rhône)*. DAF, Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 1999.

Trément 2000 : TRÉMENT F. - Prospection Archéologique et démographie en Provence. Approche paléodémographique de la rive occidentale de l'Etang de Berre sur la longue durée. *In* : BINTLIFF J., SBONIAS K. (dir.). - *Reconstructing Past Population Trends in Mediterranean Europe (3000 BC - AD 1800),* Oxbow Books, Oxford, 2000, 93-114.

Verdin 1995 : VERDIN F. - *Les salyens et leurs territoires*. Thèse de Doctorat, Archéologie, Université de Provence, Aix-en-Provence, 1995.

Vita-Finzi, Higgs 1970 : VITA-FINZI C., HIGGS E.-S. - Prehistoric economy in the Mount Carmel area of Palestine site catchment analysis. *Proceeding of the Prehistorical Society,* 36, 1970, 1-37.