

HERVÉ MOUILLEBOUCHE

Université de Bourgogne, UMR 5594

LAURE SALIGNY

Pôle géomatique et cartographie, MSH Dijon, UMS 2739

**TOPOGRAPHIE ET HABITATS FORTIFIÉS EN
BOURGOGNE DU NORD : IMPLANTATION,
ORIENTATION ET SURVEILLANCE**

Quels sont les sites privilégiés d'implantation de l'habitat fortifié ? Intuitivement, on pense aux sites escarpés de hauteur, qui permettent de surveiller les horizons et de dominer les attaquants. Mais les châteaux s'installent également près des cours d'eau, pour bénéficier de la défense d'un fossé inondé. Enfin, d'autres bâtiments ont été bâtis à flanc, voire en pied de coteau, dans des situations qui semblent peu favorables d'un point de vue militaire. Ce choix a pu être dicté par des contraintes agronomiques, ou simplement esthétiques. Enfin, on devine que nombre de bâtisseurs de châteaux et de maisons fortes n'ont guère eu le choix du terrain et se sont installés là où ils avaient des droits et des terres.

Les progrès réalisés ces dernières années en géomatique permettent de dépasser ces intuitions pour réaliser une véritable approche quantitative et vérifier l'importance et l'évolution de chacun des facteurs qui entrent en jeu dans le choix de l'emplacement d'un habitat fortifié. Les techniques, que nous avons testées et mises en œuvre pour cette étude, sont le résultat d'un travail interdisciplinaire entre d'une part une géomaticienne de formation archéologue spécialisée dans les systèmes d'information géographique, d'autre part un historien médiéviste castellologue, particulièrement attiré par le traitement informatique des données quantitatives. Le résultat s'exprime parfois à travers des diagrammes complexes, qu'on n'a guère l'habitude de rencontrer dans les études d'architecture médiévale.

Nous développerons notre propos en trois temps. Tout d'abord, nous présenterons notre méthodologie et nos outils, ce qui permettra de cerner précisément la pertinence et les limites de notre étude. Nous présenterons ensuite une étude des versants et de l'ensoleillement des sites fortifiés. Enfin, nous essaierons de mesurer l'importance du potentiel de surveillance dans le choix des sites.

1. Méthodologie : base de données et système d'information géographique (S.I.G.)

Notre étude a été réalisée grâce à l'utilisation de requêtes spatiales entre une base de données historique comprenant 674 sites repérés dans l'espace et dans le temps, et un modèle numérique de terrain (M.N.T.)

1.1. La base de données

La base de données utilisée est issue du développement de celle qui avait été élaborée pour l'étude et l'édition de l'ouvrage : *Les maisons fortes en Bourgogne du Nord*¹. Fondamentalement, il s'agit d'un inventaire historique de l'habitat fortifié du département de la Côte-d'Or. Inventaire historique et non pas archéologique, car il prend en compte tous les sites existant et ayant existé et non pas seulement ceux qui ont laissé des vestiges. De même, nous avons essayé de définir notre corpus en fonction des catégories médiévales et de la perception ancienne de l'habitat fortifié. Les maisons aristocratiques appelées « mottes » et qui font l'objet de transactions sans autorisation féodale spéciale ne sont pas considérées au Moyen Âge comme des sites fortifiés. En revanche, les églises équipées de baies dans l'étage de comble sont régulièrement considérées comme des « *forts moustiers* » dans les recherches de feux. Un document d'archives mentionnant un habitat fortifié (*fort maison, forteresse...*) constitue presque toujours une preuve de l'existence de cet habitat, y compris en l'absence de vestiges. En revanche, des vestiges sans attestation d'archives sont plus difficiles à identifier : un site fossoyé, une trace de fossé sur un cadastre ou une photographie aérienne doivent être interprétés par analogie avec d'autres sites connus. Pour les sites conservés en élévation, nous n'avons tenu compte que de ceux qui possédaient des éléments de défense active : baies-créneaux, archères ou canonnières. Nous n'avons donc pas inclus dans l'inventaire les nombreux manoirs de la fin du Moyen Âge munis d'une simple tourelle d'escalier. Enfin, il a fallu trancher entre habitat individuel et habitat collectif. Nous avons exclu de l'inventaire les fortifications urbaines et les défenses villageoises. En revanche, nous avons gardé les *castra* du haut Moyen Âge, qui s'assimilent plutôt à des réduits défensifs qu'à des villes fortes.

Actuellement, l'inventaire comprend 674 sites, dont 615 sont situés avec précision. 260 sites présentent encore des vestiges architecturaux et

¹ H. MOUILLEBOUCHE, *Les maisons fortes en Bourgogne du nord, du XIII^e au XVI^e s.*, Dijon, 2002 (base de données sur cédérom). On pourra s'y reporter pour trouver la situation, la description et l'historique de toutes les forteresses citées dans le présent article.

140 ne sont plus que des vestiges de terre. La recherche a été réalisée en croisant les recherches bibliographiques, les sources d'archives, l'étude des cadastres et des photographies aériennes. Une vérification systématique sur le terrain a permis d'éliminer de très nombreux doublons ou sites fantômes, qui hantaient la bibliographie bourguignonne depuis parfois plusieurs siècles. Le résultat semble assez fiable : très peu de sites fortifiés conséquents, érigés entre le X^e et le XVI^e siècles, ont pu échapper à notre enquête. Nous disposons donc d'un corpus suffisamment large pour risquer une étude statistique, et suffisamment précis pour penser qu'il reflète l'état des fortifications au cours du Moyen Âge.

D'un point de vue chronologique, nous avons tenu compte de toutes les forteresses susceptibles d'avoir connu une période d'activité entre 900 et 1640 environ, ce qui exclut vers le haut quelques *oppida* mérovingiens et vers le bas les derniers forts à bastion. Chaque site est caractérisé par un *terminus ante quem* et un *terminus post quem*. La première date correspond souvent à la date d'apparition dans les archives, qui peut suivre de plusieurs années, voire dizaines d'années, la date d'apparition réelle. Nous nous sommes interdit, sauf à de rares exceptions, de corriger ces datations par une étude des modénatures et de l'appareil. Pour fournir des résultats fiables, ces méthodes exigent une étude fine de chaque site, ce qu'il n'était pas possible de réaliser à une grande échelle.

Pour être exploitable, la base a été subdivisée par une typologie comptant 5 types et 27 sous-types². Encore une fois, ces types ne sont pas d'ordre archéologique (motte tronconique, plate-forme carrée, château à tour maîtresse...) mais ils reposent autant que faire se peut sur des catégories médiévales (maison fossoyée, maison forte, château...). Le type est déterminé par la morphologie des sites, mais aussi et surtout par la terminologie des sources. Une étude approfondie de la lexicographie montre en effet qu'il y a une certaine cohérence entre les termes employés d'une part, la morphologie et l'importance du site d'autre part. Or, à l'usage, il est rapidement apparu qu'à un site particulier ne correspond pas un type unique, mais une succession de types : la maison forte

² Type *Forme primitive de terre*, sous-types : motte castrale, motte forte, enceinte de terre, enceinte à renforcement.

Type *Fortification mineure*, sous-types : motte plane, grange fossoyée, maison fossoyée, ferme fortifiée, manoir à tourelles.

Type *Maison forte*, sous-types : maison forte à plate-forme, maison forte de relief, tour forte, château

et maison forte, hôtel urbain fortifié.

Type *Église*, sous-types : église fortifiée, église à enceinte, prieuré fortifié, abbaye fortifiée.

Type *Forme moderne*, sous-types : motte moderne, demeure somptuaire.

Type *Château*, sous-types : castrum, château fort de relief, château fort de plaine.

d'Aiserey a été une simple maison fossoyée de 1288 à 1350 ; elle est désertée et devient donc une plate-forme vide (motte plane) pendant près d'un siècle. On y édifie enfin une maison forte vers 1458, qui est encore défendable à la fin du XVIII^e siècle. Pour tenir compte de ces mutations internes à chaque site, nous avons donc utilisé le concept d'« état de site », qui permet d'étudier des phénomènes à l'intérieur d'un corpus de sites homogènes.

La base de données présente donc un corpus exhaustif de sites classés par types homogènes, et repérés précisément dans le temps et dans l'espace.

1.2. Le système d'information géographique (S.I.G.)

M. Didier définit le S.I.G. comme un « ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision. »³ Un S.I.G. est donc une application informatique permettant d'acquérir, de gérer, d'analyser et de restituer toute information spatialisée à la surface de la terre.⁴ Il se compose ainsi d'un logiciel, dans notre cas ArcGis (©ESRI) et de données géoréférencées sous formes de couches thématiques, pour cette étude, les données historiques et la topographie. Celle-ci, pour son exploitation dans le S.I.G., est représentée par un modèle numérique de terrain ou M.N.T. (BD Alti, ©IGN, résolution de 50 m). Le M.N.T est une image *raster* composée de pixels dont la valeur est l'altitude de l'espace qu'il décrit.

1.3. Le terrain

Pour rendre plus accessible l'étude qui va suivre, notamment aux yeux des lecteurs qui ne seraient pas familiarisés avec la région étudiée, il est nécessaire de dresser rapidement le cadre géographique de la Bourgogne du nord (fig. 1).

Le département de la Côte-d'Or, dessiné à la Révolution, reprend les quatre anciens bailliages du nord du duché de Bourgogne : la Montagne au nord (autour de Châtillon et de la montagne de Vix),

³ M. DIDIER, *Utilité et valeur de l'information géographique*, éd. Economica, 1990.

⁴ Sur le S.I.G., voir également : C. COLLET, *S.I.G. en mode image*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1992 ; J. DENÈGRE et F. SALGÉ, *Les systèmes d'informa-*

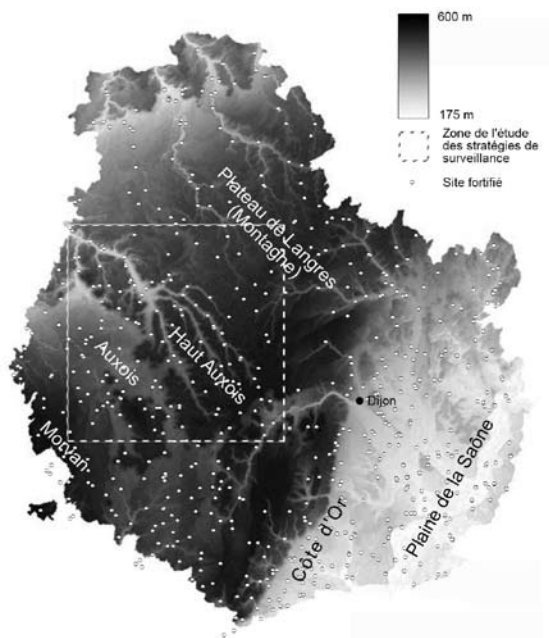
tion géographique, Que sais-je ?, Paris, PUF, 2003 ; D. WHEATLEY et M. GILLINGS, *Spatial technology and archaeology. The archaeological applications of G.I.S.*, London, Taylor and Francis, 2002.

l'Auxois à l'ouest (autour d'Alésia et du Mont-Auxois), le Dijonnais à l'est et le Beaunois au sud. Le tiers sud-est du département s'étend sur la vallée de la Saône, fossé d'effondrement humide et fertile, traversé par de grands axes de passage nord-sud. Le nord du département est occupé par le plateau calcaire dit de Langres. C'est un pays boisé et peu peuplé, sillonné de quelques rares vallées, notamment la dépression de Châtillon au nord et la vallée de la Seine, qui prend sa source au centre du département et coule vers le nord.

Vers le sud, le plateau est entaillé par un réseau hydrographique coulant vers le bassin parisien. Les calcaires durs du jurassique supérieur laissent peu à peu la place aux marnes du lias, qui apparaissent tout d'abord au fond des vallées encaissées du haut Auxois, puis entre les monts de l'Auxois. C'est un pays de prairies et d'élevage, peuplé de gros villages et traversé par plusieurs routes qui relient le bassin parisien au sillon rhodanien.

À l'extrême sud-ouest apparaissent les terrains primaires du Morvan, qui furent autrefois des terres riches. Les reliefs ont plus d'ampleur et l'habitat dispersé s'égaille dans des vallées encaissées et difficilement accessibles.

Aujourd'hui, Dijon fait figure de mégapole régionale, au milieu d'un désert rural. Mais au Moyen Âge, la carte de l'urbanisme était moins contrastée. La capitale des ducs, qui ne devint évêché qu'au XVII^e siècle, ne se distinguait pas trop des autres bourgs régionaux : Beaune, Semur, Saulieu, Montbard et Châtillon.



1. Répartition des sites (674) sur fond de carte altimétrique.

Sources géographiques : BD Alti.

2. Étude de la localisation et de l'implantation des sites

2.1. L'influence des traités d'agronomie

Intuitivement, chacun peut comprendre que l'emplacement d'un bâtiment est tributaire des caractéristiques topographiques du terrain. Les pentes trop raides sont répulsives ; on recherche les coteaux bien exposés ; pour la défense, on privilégie les sites de hauteur. Historiquement, ces considérations ont été théorisées très tôt, notamment par les architectes et les agronomes antiques. Vitruve, au premier livre de son traité d'architecture, préconise de bâtir les villes sur les hauteurs, loin des brouillards et de l'air malsain des marais. « Car il y aurait à craindre qu'un lieu dans lequel, au matin, le vent pousserait sur ses habitants les vapeurs que le soleil en se levant aurait attirées de l'haleine infecte et venimeuse des animaux qui s'engendrent dans les marécages ne fut malsain et dangereux ».⁵ L'architecte du I^{er} siècle avant notre ère, en se fondant sur la théorie des humeurs, conseille également d'éviter les lieux où soufflent les vents chauds (livre I, ch. 4) et de ne pas tracer les rues des villes dans l'axe du vent dominant (livre I, ch. 6).

Quatre siècles plus tard, l'agronome Palladius explique comment bâtir une villa : « Quant à l'exposition du domaine qu'il s'agit de choisir, elle doit être la suivante : dans les régions froides, il doit être exposé à l'est ou au midi, pour éviter qu'il ne soit glacé de froidure, ce qui se produirait si ces deux expositions lui étaient fermées par l'obstacle de quelque montagne, puisque le soleil ne touche jamais les versants nord et ne parvient que l'après midi sur les versants occidentaux. Dans les régions chaudes, en revanche, l'exposition au nord doit plutôt être recherchée. Elle est la meilleure, aussi bien pour le rendement du domaine que pour l'agrément et la salubrité. »⁶

Ces théories, ainsi que celles de Varon et de Columelle, sont connues au Moyen Âge grâce à Pierre de Crescent. Cet agronome italien rédige son *Liber ruralium commodorum* à Bologne entre 1304 et 1309⁷. Cet ouvrage a connu un succès remarquable, puisqu'on en connaît 122 ma-

⁵ VITRUVÉ, *De l'Architecture*, livre 1. Texte établi et traduit par Ph. Fleury, Paris, les Belles Lettres, 1990 ; Pour la traduction ancienne : Cl. PERRAULT, *Les dix livres d'architecture de Vitruve*, corrigez et traduits nouvellement en françois, avec notes et figure, Paris, 1673, Rééd. Bibliothèque de l'image, 1995.

⁶ PALLADIUS, *Traité d'agriculture*. Texte établi, traduit et commenté par R. Martin, Paris, les Belles Lettres, 1976, 2 vol., Ici : livre 1, ch. 7.

⁷ PETRUS DE CRESCENTIS, *Ruralia commoda ; das Wissen des Vollkommenen Landwirts um 1300*, Heidelberg, Universitätsverlag C. Winter, 1995.

nuscripts latins⁸. La première traduction française a été commandée par Charles V en 1373. Le texte est connu en Bourgogne dès le début du XV^e siècle. En effet, Antoine de Bourgogne, fils naturel de Philippe le Bon, en possédait un exemplaire⁹. Et un franciscain du couvent de Dijon, frère Nicole, en commença une traduction dont le manuscrit est conservé à la bibliothèque municipale de cette ville¹⁰. Pierre de Crescent préconise d'entourer la maison de maître de fossés en eau et, si elle est bâtie en pays de montagne, de la jucher sur une hauteur inaccessible¹¹. Elle ne doit pas être bâtie dans une plaine inondable, mais sur une hauteur, et si possible au pied d'un coteau boisé¹². Surtout, il faut l'orienter à l'est, afin que l'air de la maison soit purifié par les rayons du soleil levant¹³.

Il est dès lors tentant de mesurer l'impact des idées des physiocrates sur les vestiges d'habitats seigneuriaux. Un premier essai avait été tenté en 1974 dans un article très novateur d'Élisabeth Desvaux-Marteville¹⁴. Nous nous sommes également essayé à cet exercice dans notre travail sur les maisons fortes bourguignonnes¹⁵. Dans les deux cas, et faute d'un outil adéquat pour mener une analyse précise de tous les paramètres de la topographie, l'exercice fut plus empirique que scientifique. L'archéologue de terrain peut toujours trouver quelques cas de bâtiments fortifiés qui illustrent le discours de Pierre de Crescent, et l'on

⁸ J.-L. GAULIN, *Pietro de' Crescenzi et l'agronomie en Italie (XII^e-XIV^e s.)*, Thèse de doctorat de l'Université de Paris I, dactyl., 1989-1990.

⁹ Paris, Bibliothèque de l'Arsenal, ms. 5064.

¹⁰ *Le livre des biens et des prouffiz qui peuvent advenir de cultiver les terres, lequel fut compilé par maistre Pierre de Crescente, de la cité de Boulongne, et translaté de latin en français, l'an de grace 1413, par frere Nicole, de l'ordre des freres precheurs du couvent de Dijon*, Bibliothèque municipale de Dijon, ms. 453, microfilm 153.

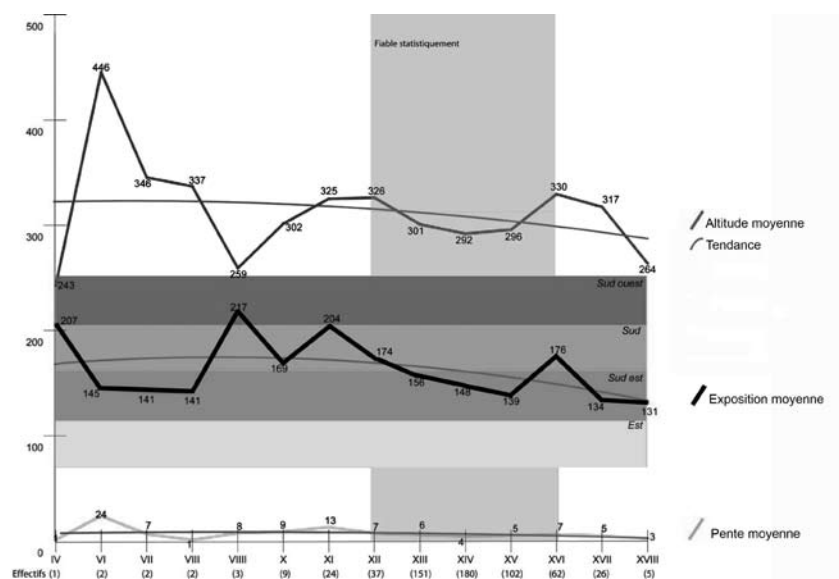
¹¹ Liber I-6, 1 et 2 « Si vero est ab aliis domibus in loco solitario segregatus, convenientibus foveis, ripis et sepibus undique cingendus non propter oppositas rationes. Quod si est in plano siquidem nimis depresso, per totam curiam terra cumulanda est aliunde translata, ne in ipsam curiam ingressus pateat aquis fluentibus aliunde et pluviae in eam cadentes inde possint facile derivari. Si vero in montibus fuerit, ubi foveis aquosis muniri non potest, eligatur locus, cui nisi per ordinatum introitum sit asper ascensus, ut, quae fossarum circuitu muniri non potest, severitate rupis et altitudine muniatur ». PETRUS DE CRESCENTIS, éd. 1995, p. 43.

¹² Liber I-5, 1 et 2. : « Dandum operam, ut potissimum sub radice montis silvestris villam ponat, ubi pastiones sunt laxae ac ubi venti saluberrimi flabunt. Quae posita est ad exortos aequinoctiales, aptissima, quod aestate habet umbram, hieme solem. Si cogaris prope flumen aedificare, curandum, ne adversus eam ponas », Ibid. p. 41.

¹³ Liber I-4, 10 et 11 : « Civitas, quae ab oriente est aperta et in oppositione posita, est sani et boni aeris ; sol enim in principio diei super eam elevatur et aerem eius clarificat. [...] In civitate, quae ab occidente est discoperta et est ab oriente coperta, non venit ad eam sol nisi tarde, et illico cum venit ad ipsam, incipit elongari ab ea, quia non ei appropinquando incedit. Non ergo eius subtiliat aerem neque exsiccatur, sed dimittit ipsum humidum grossum. Et si ventos ei mittit, mittit eos ab occidente et in nocte », Ibid., p. 39-40.

¹⁴ É. DESVAUX-MARTEVILLE, *Les manoirs du Perche : d'une image littéraire à la réalité archéologique*, dans *Archéologie Médiévale*, t. III-IV, 1973-1974, Caen, 1974, p. 365-392.

¹⁵ H. MOUILLEBOUCHE, *op. cit.*, p. 374-380.



2. Évolution de l'altitude, de l'exposition et de la pente du lieu de construction des sites fortifiés (554 sites).

peut toujours supposer que cette ressemblance témoigne d'une influence. Mais l'importance du phénomène est laissée à l'appréhension de l'intuition et, souvent, du préjugé.

En revanche, en croisant spatialement un inventaire exhaustif sur un modèle numérique de terrain, on peut obtenir des statistiques précises, et donc quantifier cette influence. Encore une fois, l'histoire quantitative évite d'ériger l'exemple en règle et de confondre l'arbre avec la forêt qu'il cache.

2.2. Évolution des types de sites occupés

Sur les 615 bâtiments situés avec précision, 554 ont un *terminus ante quem* connu au moins au siècle près, ce qui permet de calculer, siècle par siècle, la moyenne des altitudes, des orientations et des pentes des terrains occupés par les habitats fortifiés. Le diagramme obtenu (fig. 2) doit encore être critiqué en fonction du nombre de cas par siècle. Du VI^e au X^e siècle, les effectifs (moins de 20) sont insuffisants pour que le résultat soit significatif. La courbe ne peut être interprétée qu'entre le XI^e et le XVI^e siècles (entre 24 et 180 individus). Les trois courbes descendent du XII^e au XIV^e siècle, se stabilisent au XV^e et remontent au XVI^e siècle.

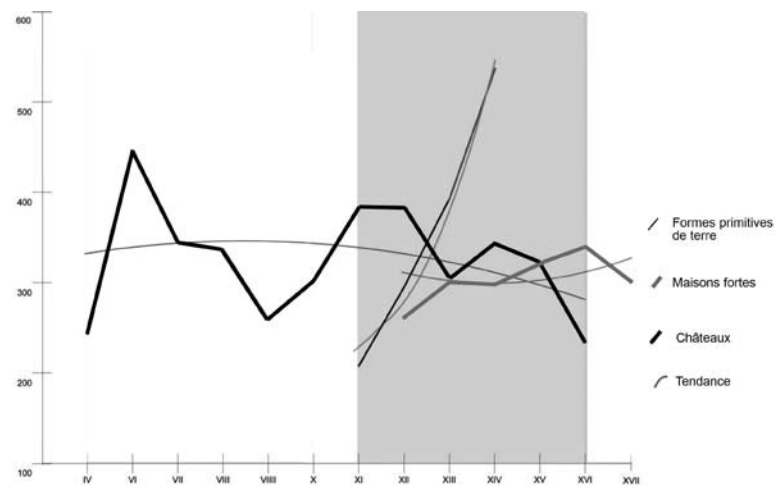
Notons encore que la courbe des expositions doit être utilisée avec prudence. En effet, elle fait la moyenne de directions d'expositions exprimées en degrés. Or, les données angulaires ne sont pas des suites linéaires, mais cycliques. La « moyenne » de deux sites orientés au nord, à 359° et à 1° , serait une orientation plein sud de 180° ! Nous verrons plus loin comment corriger ces données pour les rendre exploitables.

Les altitudes moyennes d'implantation sont de 326 m au XII^e siècle, 301 m au XIII^e siècle, 292 m au XIV^e siècle, 296 m au XV^e siècle et 330 m au XVI^e siècle. Les valeurs élevées du XII^e siècle correspondent d'une part à la recherche de sites élevés pour les premiers châteaux forts, d'autre part à la plus grande concentration de ces premiers châteaux dans la partie la plus haute du département, c'est-à-dire la moitié nord-ouest (fig. 1). Aux XIII^e et XIV^e siècles, l'altitude diminue : les meilleurs sites sont déjà occupés, mais surtout, on bâtit plutôt des maisons fortes, et celles-ci n'ont pas les mêmes exigences stratégiques que les châteaux. Ces maisons fortes sont d'ailleurs nombreuses dans la plaine de la Saône, au sud-est de la Côte-d'Or. Enfin, au XVI^e siècle, l'altitude moyenne augmente. C'est le résultat d'une reprise des constructions dans l'Auxois et dans le Morvan, mais c'est aussi souvent un choix délibéré de revenir à des formes et à des situations archaïques, quitte à s'éloigner des centres de peuplements anciens¹⁶.

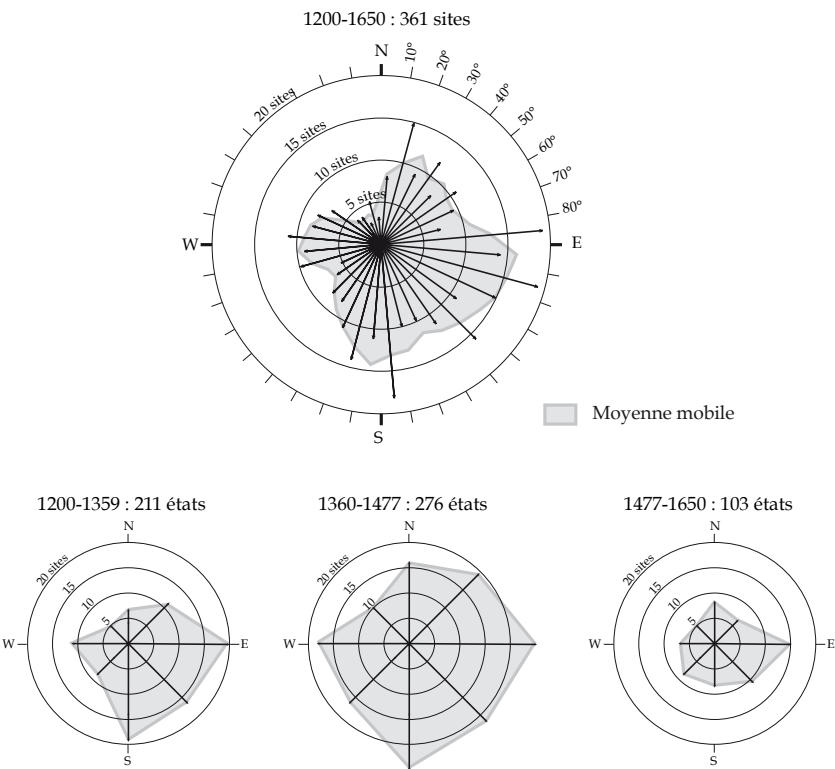
La courbe des moyennes des pentes suit la même tendance que celle des altitudes. En effet, en Bourgogne, les terrains situés à moins de 200 m sont les terrains de la plaine de la Saône, pratiquement plats, alors que les sites bâtis à plus de 300 m sont situés sur le plateau calcaire aux profondes vallées, ou dans les monts de l'Auxois et du Morvan, dans des paysages aux pentes plus marquées. Néanmoins, avec des moyennes de pentes de 4 à 7 %, on peut dire que l'habitat fortifié est rarement bâti sur des pentes importantes.

Le critère le plus représentatif, celui de l'altitude, peut être analysé plus finement, en regardant la variation d'altitude à l'intérieur de chaque type de site (fig. 3). Les types « églises fortes » et « formes modernes », trop peu nombreux, n'ont pas été représentés. Le type « forme primitive de terre », qui regroupe les enceintes et les mottes, présente une courbe ascendante assez peu significative, puisque ces sites sont peu nombreux et mal datés. L'intérêt du diagramme réside donc dans les « ciseaux »

¹⁶ H. MOUILLEBOUCHE, *Permanences et ruptures dans le monde rural : l'apport de la castellologie*, dans *Permanences et ruptures dans le monde rural, du Moyen Âge à l'époque moderne* ; 12^e colloque de l'association bourguignonne des sociétés savantes, Dijon, Saint-Christophe-en-Brionnais, 2002, p. 51-66.



3. Évolution de l'altitude des sites en fonction de leur type.



4. Orientation architecturale des sites fortifiés.
Histogramme radial en barres : fréquences de direction d'ouverture.
Valeurs cumulées par intervalles de 10° (premier diagramme) et 45° (diagrammes suivants).

entre la courbe descendante des châteaux et la courbe ascendante des maisons fortes. La position des châteaux répond à une logique stratégique de contrôle des voies et des villes. Les derniers châteaux forts du Moyen Âge, comme les fameuses forteresses de Dijon, Beaune et Auxonne, sont bâtis dans la plaine. Les maisons fortes, en revanche, poursuivent une logique de représentation et de discours archaïsants. Les seigneurs bâtisseurs de la fin du Moyen Âge n'installent pas leur demeure près du village. Le lien d'entraide réciproque qui unissait le seigneur et les villageois est totalement obsolète. Libéré de cette contrainte, le nouveau seigneur peut réaliser son rêve de châtelain en érigeant sa maison forte « sur le roc », notamment pour voir et être vu.

2.3. Orientation architecturale des sites fortifiés¹⁷

En général, un bâtiment fortifié a un sens, c'est-à-dire une façade antérieure et une façade postérieure. La façade antérieure est marquée par la porte principale. Quand le bâtiment est détruit, on peut repérer cette façade par le chemin d'accès ou par une levée qui coupe le fossé au droit de la porte. Cette orientation architecturale subit assez peu de contraintes. En effet, nos bâtiments fortifiés sont très rarement élevés en milieu urbain. Aussi, leur orientation n'est pas déterminée par le parcellaire ou par l'orientation de la voirie. En général, le bâtisseur est donc libre d'orienter la façade de sa maison comme il l'entend. Or, cette orientation n'est pas aléatoire ; elle peut correspondre à un impératif stratégique (faire face à l'ennemi), un message social (se tourner vers le village ou s'en détourner), ou un souci de confort et d'hygiène (s'ouvrir aux rayons bénéfiques du soleil levant).

En superposant toutes les directions des sites conservés (fig. 4 en haut), on obtient un « radar » irrégulier, qui reflète assez bien les soucis des bâtisseurs bourguignons. Les sites se ferment résolument au nord-ouest et à la bise, le terrible vent froid et humide qui mortifiait la Bourgogne avant le réchauffement climatique. Le radar des moyennes mobiles, vaguement cruciforme, témoigne d'une préférence pour les points cardinaux : l'est et le sud tout d'abord, puis, presque à égalité, l'ouest et le nord.

¹⁷ Cette étude avait déjà été largement ébauchée dans H. MOUILLEBOUCHE, *Les maisons fortes...*, p. 378-380.

On peut ensuite essayer de dégager des tendances chronologiques de ces orientations architecturales (fig. 4 en bas)¹⁸. De 1200 à 1359, les orientations vers l'est et le sud dominant. Il s'agit d'une période de paix et de croissance, et les maisons s'orientent vers le soleil. De 1360 à 1477, la Bourgogne est affectée par la guerre de Cent Ans puis par les guerres franco-bourguignonnes. L'orientation des forteresses devient moins importante et le radar des orientations est plus régulier. Néanmoins, on continue de se fermer à la bise, qu'on craint plus que les Anglais. À partir du XV^e siècle en revanche, les bâtiments se tournent résolument vers l'est : on peut donc y voir une influence de Pierre de Crescent, ou du moins un regain d'intérêt pour la théorie des humeurs et pour la salubrité de l'air. Cette « orientation » très marquée s'accompagne d'ailleurs de baies plus larges et plus nombreuses.

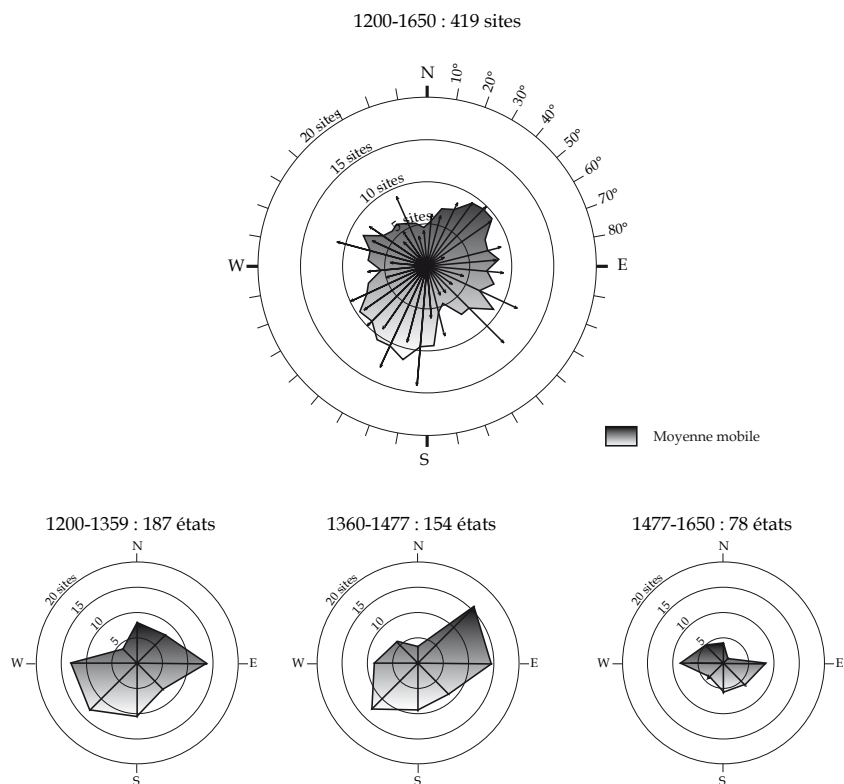
2.4. Orientation topographique des sites fortifiés

L'importation de la base de données sur un modèle numérique de terrain permet de faire le même type de requêtes en s'intéressant non plus à l'orientation architecturale, mais à l'exposition des pentes sur lesquelles sont bâtis les sites fortifiés. Empiriquement, nous avons constaté que les pentes inférieures à 4 % pouvaient être considérées comme des terrains plats, et donc que leur exposition n'était pas un critère significatif pour le choix d'implantation. Ce seuil permet de retenir 476 sites fortifiés bâtis sur des terrains en pente ou à proximité d'un coteau. Le cumul de ces versants (fig. 5 en haut) fait apparaître une nette préférence pour les orientations nord-nord-est et sud-sud-ouest. Cette tendance est en fait une simple conséquence de la topographie bourguignonne. Même si le plus célèbre des versants, la « Côte-d'Or », est orienté au sud-est, la plupart des axes hydrographiques — et par conséquent des vallées — sont orientés perpendiculairement à cette côte. La tendance nord-est - sud-ouest du radar des sites fortifiés est donc en partie une conséquence de la topographie de la Bourgogne du nord.

L'évolution du choix des versants (fig. 5 en bas) est en revanche plus significative. Au XIII^e siècle, le radar (calculé sur 187 sites) présente une nette dissymétrie au profit du sud. Les seigneurs bâtisseurs pensent à leur confort et, dans la mesure du possible, installent leur forteresse

¹⁸ Le corpus des sites a été divisé en trois ensembles chronologiques. Un plus grand nombre d'ensembles conduirait à travailler sur des corpus trop petits et statistiquement inexploitable. Les bornes chronologiques des ensem-

bles ont été choisies par tâtonnement, pour obtenir des formes bien différenciées, mais aussi dans le souci de trouver des césures historiques significatives.



5. Exposition topographique des sites fortifiés.

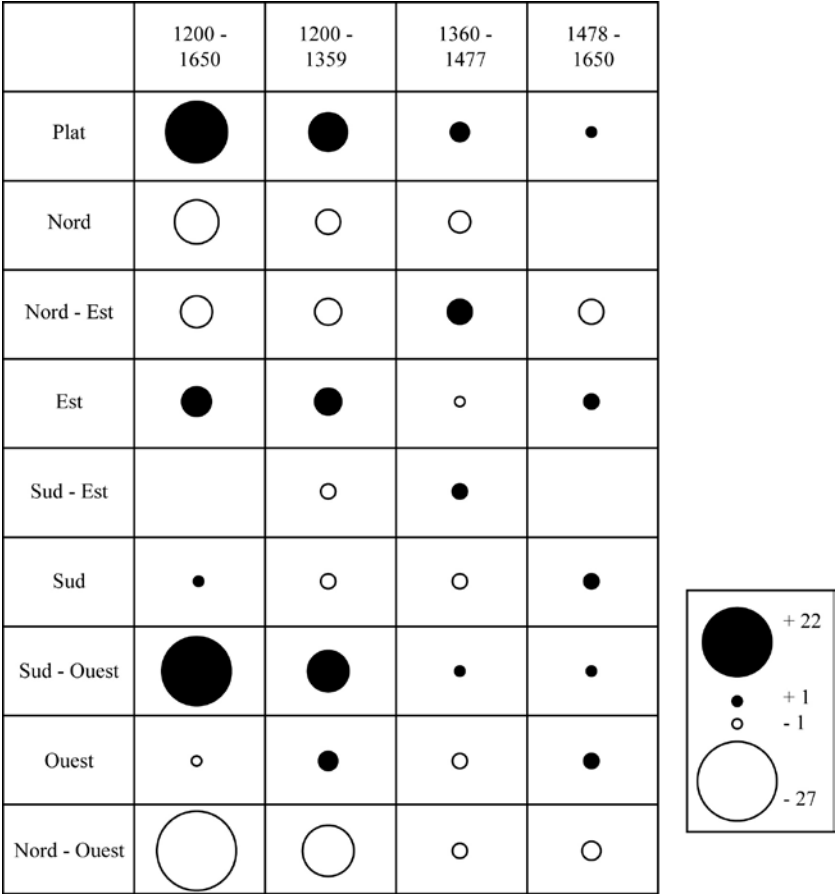
Histogramme radial en barres : fréquences des expositions.

Orientation des versants de plus de 4 % mesurée sur 360° pour 419 sites.

Valeurs cumulées par intervalles de 10° (premier diagramme) et 45° (diagrammes suivants).

sur un coteau bien ensoleillé. Pendant la guerre de Cent Ans, la tendance nord-est - sud-ouest s'exaspère. La cartographie des sites montre en effet que, durant cette période, les forteresses sont plus nombreuses dans l'Auxois et la Montagne, dans les vallées ouvertes vers l'Île-de-France. Dans ces vallées, on choisit indifféremment l'adret ou l'ubac. Face au danger, seule la valeur défensive du site est prise en compte. Le danger passé, on construit peu et surtout en terrain plat. Curieusement, les versants sud attirent peu, mais les expositions au soleil levant et couchant retrouvent quelques suffrages.

Pour mesurer le caractère attractif ou répulsif des versants, nous avons procédé à un calcul d'écart à l'indépendance pour chaque période. Ce calcul consiste à rechercher le nombre théorique de sites pour chacune des



6. Exposition topographique des sites fortifiés.
Tableau de l'écart à l'indépendance calculé pour 476 sites datés et localisés.

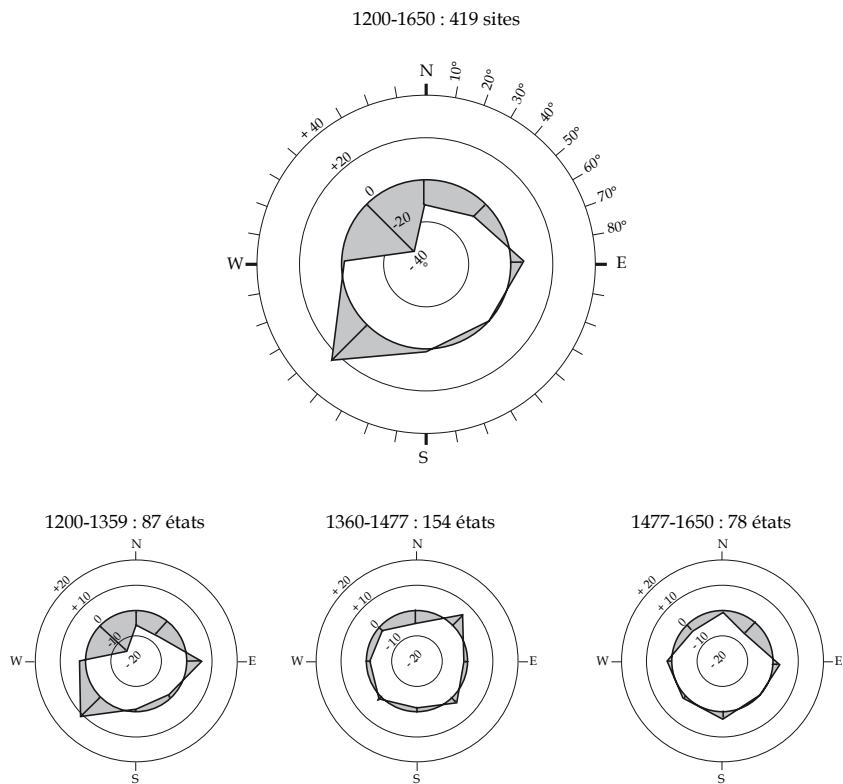
zones d'exposition en fonction de sa superficie¹⁹. Il s'agit par ce calcul de prendre en compte le biais engendré par l'importance ou non d'une orientation par rapport à une autre dans une région donnée.

Le tableau fig. 6 synthétise le résultat sous forme graphique : plus l'écart est positif, plus la différence entre le nombre de sites attendu et

¹⁹ Soit,
 x_r , l'effectif réel de sites pour une exposition,
 s_p , la superficie d'une exposition et s_t , la superficie totale de la zone d'étude.
On calcule x_t , l'effectif théorique de sites pour chaque exposition :
$$x_t = (x_r \times s_p) / s_t$$

Puis on calcule e, l'écart à l'indépendance pour chacune des catégories prédéfinies (une période et une exposition) par la différence entre x_r , la valeur réelle et x_t , la valeur théorique :
$$e = x_r - x_t$$

M. BÉGUIN, D. PUMAIN, *La représentation des données géographiques. Statistique et Cartographie*, Cursus, Colin, Paris, 1994.



7. Exposition topographique des sites fortifiés.

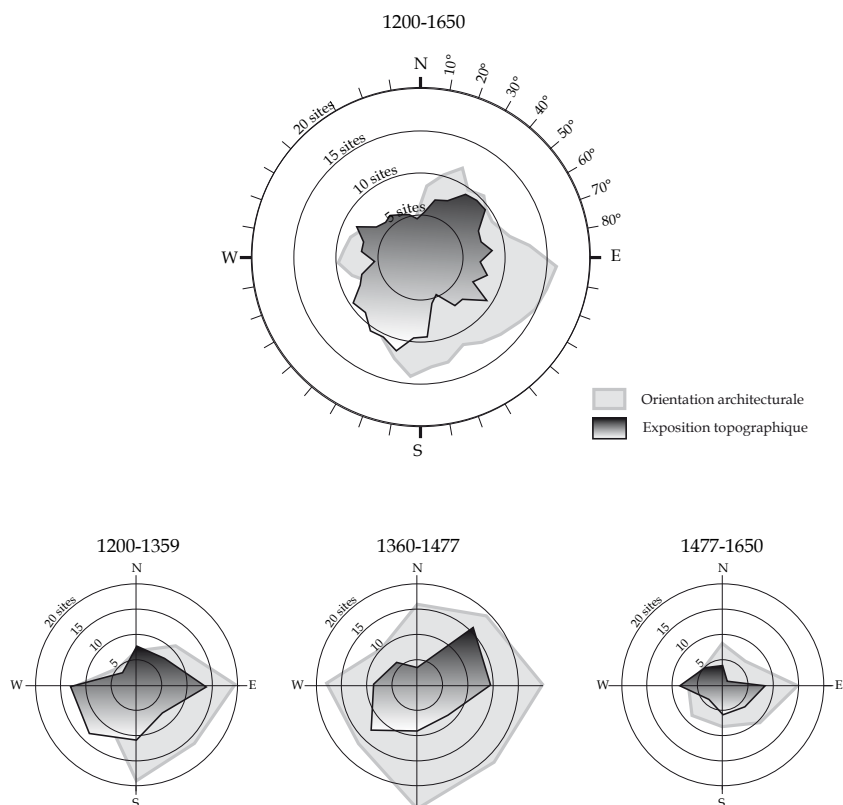
Histogramme radial de l'écart à l'indépendance, calculé pour 419 sites bâtis sur des versants de plus de 4°.

le nombre de sites réel est importante : l'exposition est donc attractive. Inversement, un écart négatif montre qu'il y a moins de sites qu'attendu, l'exposition est alors considérée comme répulsive.

La figure 7 montre ces oscillations autour d'un axe « zéro » sur un diagramme circulaire, qui permet d'apprécier la différence entre les expositions effectives (fig. 5) et les expositions relatives (fig. 7). On voit que la crainte des versants exposés à la bise et la recherche des versants sud-ouest est sensible avant le milieu du XIV^e siècle. Après cette date, alors même que les idées des physiocrates se répandent, toute préférence dans le choix des versants devient quasiment imperceptible.

2.5. L'orientation des sites et les traités d'agronomie

En superposant maintenant la direction architecturale et l'orientation du terrain, on peut avoir une image plus nuancée de l'influence



8. Orientation architecturale et exposition.
 Histogramme radial en barres : fréquences de direction d'ouverture.
 Orientation des versants de plus de 4 % mesurée sur 360° pour 419 sites.
 Valeurs cumulées par intervalles de 10°.

des physiocrates (fig. 8). De manière générale, les châteaux sont tournés vers l'est, comme le préconisent les traités d'agriculture et d'architecture antiques, mais ils sont souvent installés sur un coteau orienté au sud-ouest, ce qui est plutôt dû aux contraintes locales. Avant la guerre de Cent Ans, l'ensoleillement est un critère important dans la construction. On cherche les versants sud et l'on ouvre les bâtiments au sud ou à l'est. Pendant les siècles de crise, on construit beaucoup, partout, sans trop se soucier de l'orientation. Quand arrivent la paix et les premiers traités d'agronomie, on retrouve le réflexe d'ouvrir le pont-levis et de larges fenêtres vers l'est. Mais rares sont les seigneurs bâtisseurs qui, un *Pierre de Crescent* d'une main et une boussole de l'autre, ont pris la peine d'acquiescer un domaine au pied d'un coteau boisé orienté vers les rayons bénéfiques du soleil devant.

Le soleil, l'eau et le vent sont donc parfois pris en considération au moment de bâtir la forteresse, mais le critère principal reste les qualités défensives du site, avec notamment les possibilités de voir et d'être vu.

3. Stratégie de surveillance

3.1. Méthodologie

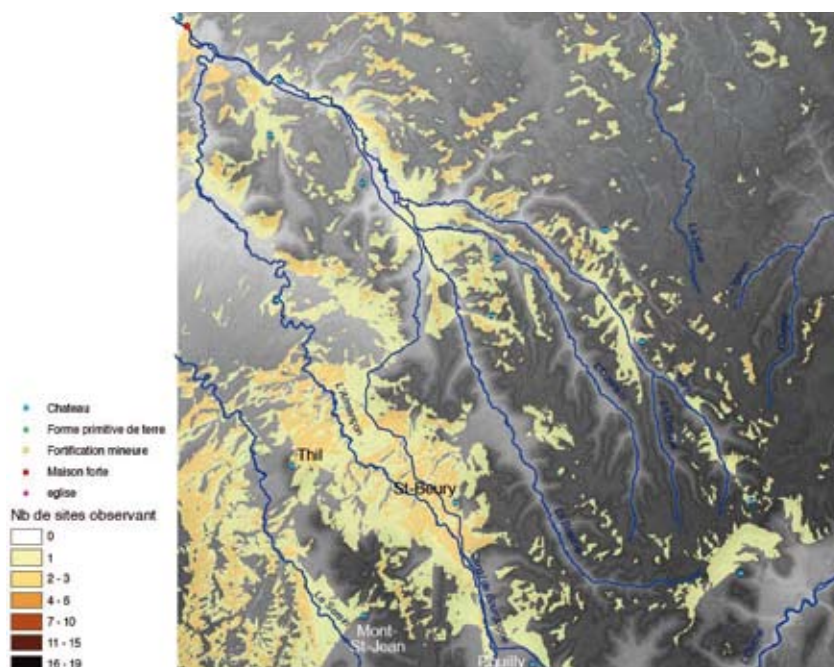
Les systèmes d'information géographique permettent de calculer et de visualiser l'ensemble du territoire visible à partir d'un point donné grâce à l'utilisation d'un M.N.T. À partir d'un calcul de voisinage entre chacune des cellules ou pixels composant le M.N.T., on produit en sortie une grille de visibilité (pour un ou plusieurs sites donnés) dont les cellules ont pour valeur un nombre correspondant au nombre de sites ayant une visibilité sur la surface représentée par ces cellules. Par exemple, un pixel de valeur 2 signifie que 2 sites observent la portion de territoire représentée par ce pixel. Par ailleurs, il est possible de soustraire les grilles afin d'obtenir une évolution entre 2 périodes.

Précisons que ces calculs de visibilité ne prennent pas en compte la végétation, ni les bâtiments. De plus, dans la présente étude, les châteaux ont été réduits à un simple point, en général le point central du site. Or, il est évident que pour certains sites, la visibilité change considérablement quand on se déplace de quelques mètres à l'intérieur du château.

3.2. Évolution de la surveillance dans l'Auxois et le haut Auxois

L'étude des aires de surveillance a été menée sur un carré test de 50 km de côté, découpé entre les collines humides de l'Auxois au sud-ouest et les plateaux arides de la Montagne au nord-est (fig. 1 et 9). Ce carré, richement doté en châteaux et maisons fortes, est traversé par le ruisseau de la Seine qui coule vers le nord, les torrents de l'Oze, l'Ozerain et la Brenne qui creusent de profondes vallées encaissées autour de la butte d'Alise-Sainte-Reine, l'Armançon et le Serein qui ouvrent de larges vallées entre la Bourgogne et l'Île-de-France, vallées qu'empruntent aujourd'hui le canal de Bourgogne, l'autoroute A6 et la ligne TGV.

Au XI^e siècle (fig. 9), les châteaux sont encore rares. Il s'agit d'anciens *oppida* carolingiens, comme Flavigny, Grignon, Thil, ou de mottes castrales telles que Rougemont ou Gisse-le-Vieil. La vallée de

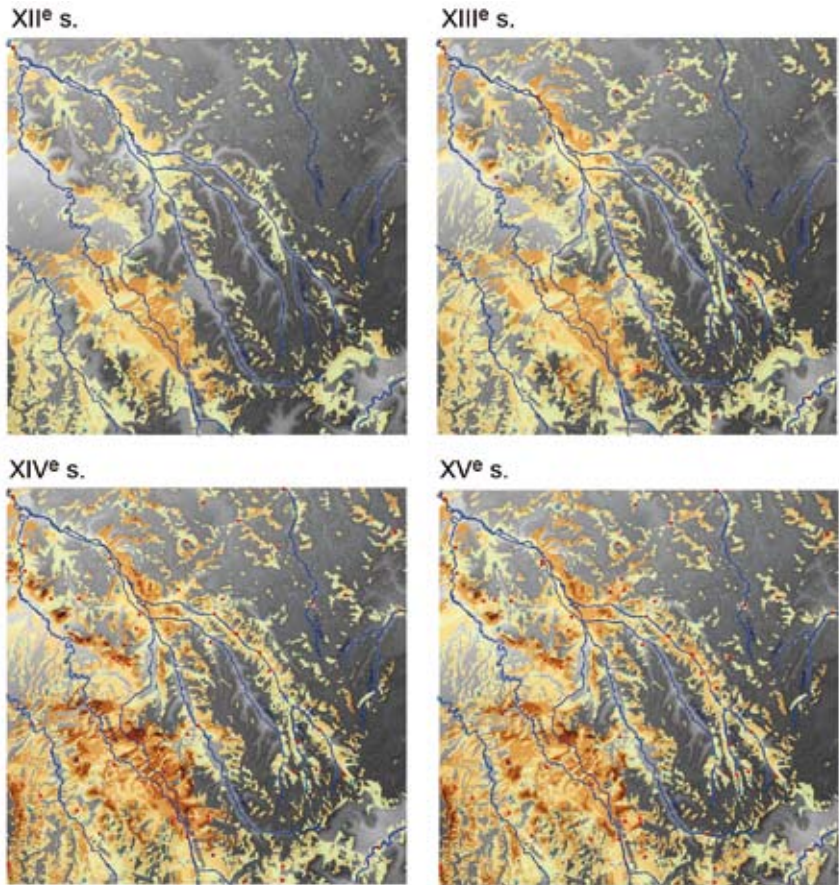


9. Carte des surveillances potentielles au XI^e siècle.

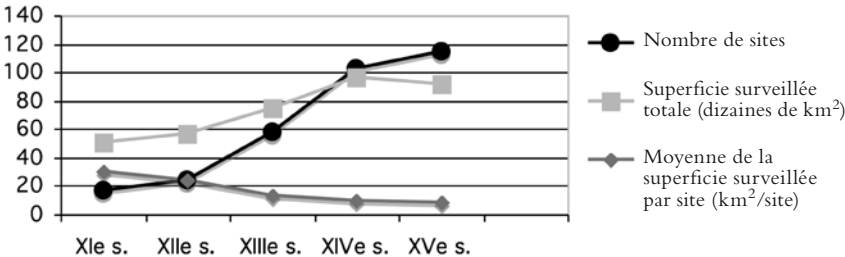
Sources géographiques : BD Alti.

l'Armançon est déjà particulièrement bien surveillée, sous la vigilance des châteaux de Thil et de Saint-Beury au nord, de Mont-Saint-Jean et de Pouilly au sud. Les 19 sites présents sur la carte surveillent en moyenne un secteur de 30 km² (fig. 11). Cette moyenne est plus élevée que toutes celles des siècles suivants. Le calcul des aires surveillées prouve donc que le critère de surveillance est très important pour ces premiers châteaux : les meilleurs points de vue sont occupés dès le début du Moyen Âge.

Le réseau de surveillance se renforce aux XII^e et XIII^e siècles avec les châteaux neufs et les maisons fortes (fig. 10). Mais les progrès sont encore plus nets aux XIV^e et XV^e siècles, grâce aux nouvelles forteresses bâties lors de la guerre de Cent Ans. La superficie moyenne surveillée par chaque site, en revanche, ne cesse de diminuer (fig. 11). Elle est de 24 km² au XII^e siècle, 13 km² au XIII^e siècle, 9,5 km² au XIV^e siècle et 8 km² au XV^e siècle. L'écart croissant entre des sites de plus en plus nombreux et un territoire surveillé par chaque site de plus en plus faible est d'une part la conséquence de la loi des rendements décroissants : les meilleurs sites de surveillance ont été occupés en premier ; d'autre part une conséquence de la multiplication des maisons fortes. Les châteaux de la fin du Moyen Âge ne cherchent plus à voir et à être vus de loin,



10. Cartes des surveillances potentielles aux XII^e, XIII^e, XIV^e et XV^e siècles.
Sources géographiques : BD Alti.



11. Évolution des superficies potentiellement surveillées du XI^e au XV^e siècle.

mais plutôt à bloquer des passages et à surveiller et protéger les lieux de peuplement.

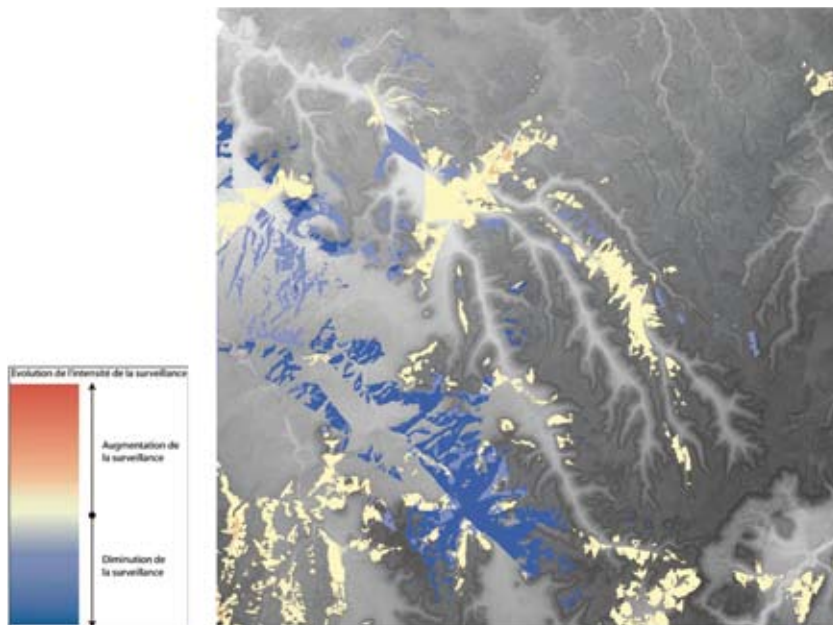
Le développement de la surveillance ne se fait pas dans le sens d'une couverture de plus en plus homogène, mais au contraire au profit des régions déjà surveillées. Ce déséquilibre croissant a une cause mécanique et une cause humaine. Mécaniquement, les terrains dominés par des hauteurs naturelles sont de plus en plus surveillés : les vallées de l'Armançon et du Serein sont larges, plates et entourées de coteaux et de buttes très élevées. Toute construction supplémentaire ajoute au taux de surveillance. En revanche, au nord-est, le bailliage de la Montagne est un plateau calcaire aride, entrecoupé d'étroites vallées. Aucun relief ne domine le plateau et les sites fortifiés eux-mêmes sont plutôt construits en fond de vallée, près de l'eau. Aussi, sur nos cartes, le plateau apparaît-il comme une région peu surveillée.

Mais les déséquilibres ont aussi une cause humaine : le plateau est dominé par la puissante abbaye de Saint-Seine, qui est parvenue à interdire toute construction militaire à proximité de ses terres. En revanche, l'Auxois est aux mains de plusieurs châtelains rivaux, qui encouragent la prolifération de maisons fortes. Les points de plus forte concentration de surveillance s'expliquent aussi par le besoin de surveillance réciproque : on ne construit pas une nouvelle forteresse dans les déserts sans surveillance, mais plutôt près des carrefours très convoités, pour surveiller et contrer les forteresses rivales : *omni enim habenti dabitur, et abundabit...*

Les cartes de surveillance font apparaître une curieuse anomalie dans la vallée de l'Ozerain. Alors que les vallées de l'Oze et de la Brenne, qui lui sont parallèles, se couvrent peu à peu de maisons fortes qui surveillent étroitement ces axes de passage, la vallée de l'Ozerain, tout au long du Moyen Âge, forme une tache sombre sur la carte de la surveillance : aucun château ne vient surveiller ce qui se passe dans cette riante vallée. La raison en est double. Tout d'abord, cette vallée se termine au sud-est en cul-de-sac, et c'est une voie de communication beaucoup moins praticable que les deux vallées voisines. (Aujourd'hui encore, la vallée de l'Oze est traversée par le chemin de fer, celle de la Brenne par la route nationale, mais il faut un GPS pour se sortir de la vallée de l'Ozerain²⁰). Ensuite, cette vallée est bloquée, au nord-ouest,

²⁰ Cette vallée a vécu très longtemps coupée du monde. Jusque dans les années soixante, aucune route ne la reliait aux autres vallées, et le patois s'y est maintenu plus longtemps qu'ailleurs. Saint-Mesmin a été équipé en eau

courante communale en 1973 et, à l'heure d'écrire cet article, la vallée de l'Ozerain n'est toujours pas couverte par les réseaux de téléphonie mobile.



12. Evolution des aires potentiellement surveillées entre le XIV^e et le XV^e siècle.
Sources géographiques : BD Alti.

par la puissante citadelle de Flavigny, et les moines de Saint-Pierre de Flavigny régnaient en maître dans cette vallée, arrière-pays de leur abbaye²¹.

La couverture de la surveillance ne bénéficie pas d'une croissance continue : en effet, la somme des aires surveillées diminue légèrement entre le XIV^e et le XV^e siècles (fig. 11). Pour expliquer ce phénomène, il suffit de créer une carte différentielle par soustraction des grilles de visibilité de chaque période (fig. 12). On constate que le territoire perdu provient d'un site de la haute vallée de la Brenne : Gisse-le-Vieil. En effet, ce site, perché sur un éperon dominant la rive sud de la Brenne, jouit d'un point de vue stratégiquement intéressant. Pourtant, il semble abandonné dès 1366 et il est remplacé au XV^e siècle par une maison forte bâtie près du village, au pied de l'éperon²². Cette nouvelle situation présente peu d'intérêt stratégique, mais elle répond en tout point aux conseils de Pierre de Crescent.

²¹ Du nord au sud, la vallée est occupée par les villages de Hauteroche, Écoursaint, Jailly-les-Moulins, Villeberny et Villy-en-Auxois. Les moines de Flavigny avaient le patronage sur ces cinq paroisses et la justice sur les trois premières. Villeberny avait un seigneur indépendant,

qui n'a pu fortifier sa maison qu'au XVI^e siècle ; Abbé Cl. COURTÉPÉE, *Description générale et particulière du duché de Bourgogne*, 7 tomes, Dijon, 1775-1788 ; 2^e éd. : 4 tomes, Dijon, 1847.

²² 1366 : Archives départementales de la Côte-d'Or, B 10513 ; 1451 : *ibid.*, B 11516.

3.3. Stratégie de surveillance par type de site

On peut enfin essayer de savoir si la qualité de surveillance varie en fonction des types de site. Pour cela, nous avons généré des cartes de surveillance par type à l'échelle de la Côte-d'Or (fig. 13 et 14).

Les châteaux (fig. 13) sont remarquablement placés, puisqu'ils surveillent la basse vallée de l'Ouche, c'est-à-dire la voie entre Dijon et Dole (A), la haute vallée de l'Ouche (B) et la vallée de la Brenne (C). Cette cartographie est presque superposable avec celle des autoroutes actuelles.

La carte de la surveillance des maisons fortes (fig. 14) est caractérisée par une très forte densité de surveillance de la côte vinicole, au sud de Dijon, puisque certains points ont une liaison optique potentielle avec près de 50 sites. La raison de cette densité n'est pas stratégique, mais simplement naturelle. La côte est visible de tous les points de la plaine de la Saône. Or, comme les maisons fortes sont nombreuses dans cette plaine, mathématiquement, elles sont également nombreuses à pouvoir admirer la côte. Cette forte densité ne se retrouve pas sur la carte des tours fortes. En effet, elles-ci sont moins nombreuses et elles sont plutôt situées sur le plateau et dans les vallées de l'Auxois.

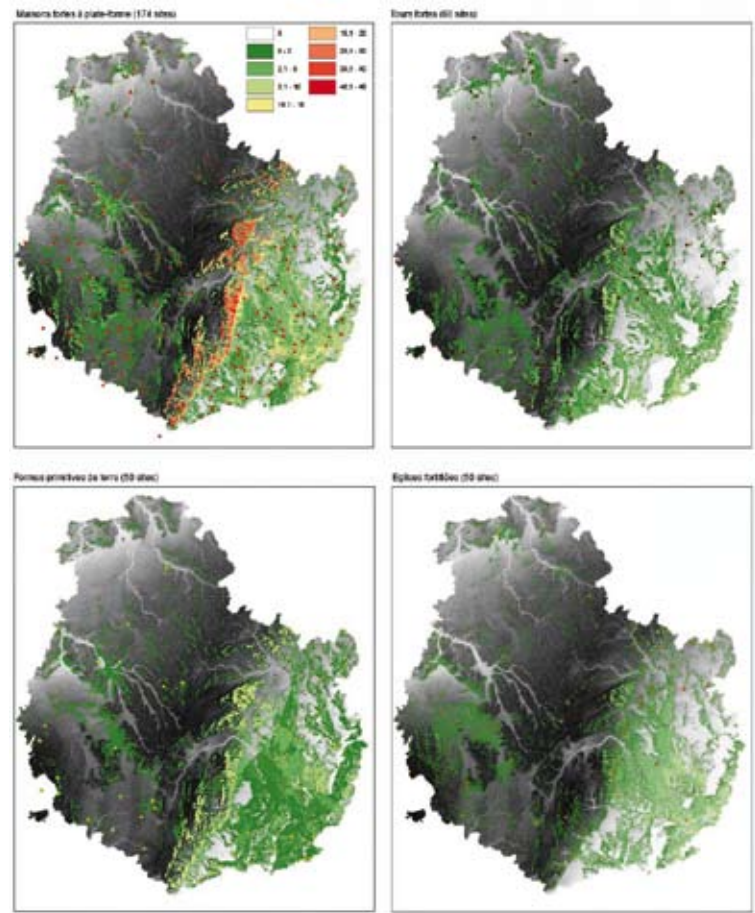
La carte des formes primitives de terre offre un aspect opposé à celui des tours fortes. Les mottes et les enceintes sont plus nombreuses dans la plaine. Celles qui ont été élevées dans la montagne ont une faible capacité de surveillance.

Enfin, la carte des églises fortifiées représente un point de comparaison intéressant. En effet, une église forte, en général, n'est pas une forteresse à vocation religieuse, mais une église qui a été fortifiée, et qui l'a souvent été *a posteriori*. Par conséquent, sa situation ne semble pas répondre à une stratégie de surveillance et de visibilité, mais plutôt d'occupation et de sanctification de l'espace. Or, on s'aperçoit que les églises fortifiées ont des aires de surveillance très importantes. Il y a quelques cas particuliers, comme la collégiale de Thil-en-Auxois, bâtie à côté du château du même nom, et qui jouit, par contamination, d'un point de vue exceptionnel. On pourrait aussi penser que les églises qui ont été fortifiées sont précisément celles qui avaient une situation stratégique intéressante. Mais cette interprétation ne tient pas si l'on considère que la décision de fortifier l'église était généralement prise au niveau local²³. Reste une dernière hypothèse : la carte reflète plus un

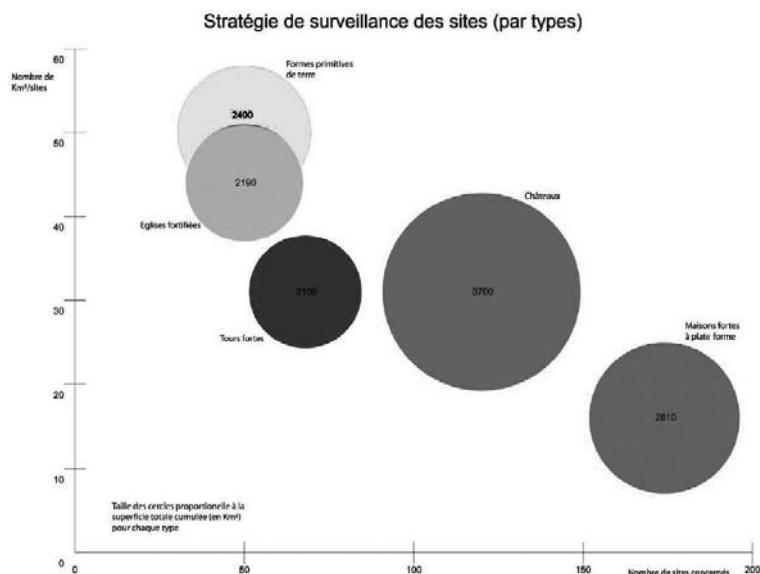
²³ J.-P. MEURET, *Les églises fortifiées de la Thiérache*, Vervins, 1977 ; J. MOURIER, Ph. PAGNOTTA, *Les églises fortifiées de la Meuse*, Verdun, 1993 ; Chr. COGNARD, *Les églises fortifiées de Bourgogne du sud. Maîtrise d'archéologie médiévale sous la direction de D. Russo*, Dijon, 2004.



13. Carte des surveillances potentielles des châteaux (120 sites)
Sources géographiques : BD Alti.



14. Cartes des surveillances potentielles des maisons fortes à plate-forme (174 sites), des tours fortes (68 sites), des formes primitives de terre (50 sites) et des églises fortifiées (50 sites).
Sources géographiques : BD Alti.



15. Stratégie de surveillance par type de site (Abscisse : nombre de sites ; ordonnée : moyenne de l'aire surveillée par type de site ; diamètre proportionnel à la superficie totale surveillée, indiquée au centre en km²).

souci d'être vu que de voir. La place — inamovible et généralement ancienne — de l'église n'est pas choisie dans un but utilitariste de proximité avec les paroissiens, mais plutôt en fonction de sa visibilité. L'église sert à marquer et à christianiser le paysage²⁴. On pourrait sans doute reprendre et affiner cette question avec une étude topographique précise de tous les lieux de culte...

On peut enfin comparer d'un point de vue purement quantitatif les surfaces surveillées par chaque type de site (fig. 15). Sans surprise, on voit que les châteaux se taillent la part du lion, en surveillant 3700 km², alors que les maisons fortes à plate-forme, beaucoup plus nombreuses, totalisent seulement 2810 km². La surprise vient plutôt du ratio surface/site très élevé des églises fortifiées (43 km² par site)²⁵ et surtout des formes primitives de terre (50 km² par site). Nous venons de voir que la bonne qualité paysagère des églises fortifiées vient peut-être d'un souci

²⁴ Sur cette question, voir notamment M. FIXOT, É. ZADORA-RIO (dir.), *L'environnement des églises et la topographie religieuse dans les campagnes médiévales*, Paris, 1994.

²⁵ Cette donnée est en fait corrigée par la suppression de la collégiale de Thil, qui fausse les moyennes à cause de sa situation de collégiale castrale et son point de vue exceptionnel.

de visibilité des églises en général. La qualité de surveillance des mottes et des enceintes, en revanche, est une découverte. En effet, ces édifices sont rarement situés sur des sites de sommet. On les trouve en plaine ou en vallée, et leur fort potentiel de surveillance tend à montrer que les sites d'implantation ont été choisis, assez régulièrement, dans une problématique de surveillance de l'espace. Ainsi, ces formes primitives de terre, en général, n'ont pas été élevées pour contrôler un défrichement, un peuplement ou une exploitation locale, mais plutôt des axes, des territoires, voire d'autres sites. Cette caractéristique pourrait faire penser que bien souvent, les mottes et les enceintes ont été, à l'origine, des fortifications de guerre, élevées dans un but essentiellement stratégique.

4. Conclusion

Notre étude, très novatrice dans la forme, pourrait apparaître bien timide dans ses conclusions. C'est que les chiffres sont ingrats. On aurait pu faire de brillantes démonstrations en vérifiant les hypothèses les plus hardies avec des exemples bien sélectionnés et habilement présentés. Mais l'informatique se prête mal à ce genre de rhétorique. La loi des grands nombres pousse toujours les moyennes vers le centre, les causes naturelles se superposent aux phénomènes historiques et les décalages significatifs ne sont pas toujours spectaculaires.

Aussi, l'historien, au moment de conclure, doit-il rester particulièrement prudent. Les écrits agronomiques de la Renaissance ont-ils eu un impact sur l'organisation spatiale de l'habitat aristocratique fortifié ? Certes, il y a de beaux exemples (Entre-Deux-Mont, Gisse-le-Vieil...) de manoirs bâtis au XV^e siècle au pied d'un coteau boisé exposé au sud. Mais, statistiquement, sur 102 sites bâtis au XV^e siècle, il n'est pas extraordinaire d'en trouver quelques-uns dans la situation recherchée. En revanche, la moyenne de toutes les expositions est irrécusable : les nouveaux habitats s'installent où ils peuvent, sans trop se soucier de l'ensoleillement de la terrasse. Seule, l'orientation du bâtiment, c'est-à-dire de la porte et des fenêtres, semble rechercher un ensoleillement plus important, du moins quand la paix le permet.

La stratégie de surveillance est, elle aussi, une contrainte parmi d'autres. Les premiers châteaux s'installent plutôt sur les hauteurs, mais il faut noter également que les plus beaux points de vue (Mont-Affrique, Signal de Mâlain, montagne de Bar) ne sont pas occupés au Moyen Âge. Les seigneurs bâtisseurs ne cherchent pas à voir le plus possible ou le plus loin possible (à quoi cela servirait-il sans instruments optiques d'observer

vation ?) mais tout au plus à surveiller telle voie ou tel bourg. Les maisons fortes s'installent près de l'eau, et ne voient guère plus loin que le bout de leurs fossés. Les tours fortes, dont le dernier étage arbore fièrement des baies-crèneaux censées abriter des guetteurs, sont généralement bien mal placées. Les guetteurs n'avaient pas besoin d'un regard d'aigle pour scruter un horizon souvent fermé sur trois ou quatre côtés par les versants de la vallée. En revanche, les mottes et les enceintes, qui sont souvent abandonnées très tôt au Moyen Âge, semblent avoir été installées dans des circonstances de crise — guerre, attaque, tension politique, siège — pour des garnisons actives qui devaient savoir assez tôt d'où venait le danger.

On aurait pu prolonger cette étude en multipliant les critères de recherche. On pourrait par exemple essayer de voir si les châteaux qui ont un droit de guet ou une tour de guet, ont une plus grande aire de surveillance. Cette aire pourrait être étudiée d'un point de vue qualitatif, notamment en essayant de quantifier le nombre de feux surveillés, et non seulement la superficie. Cette première étude ouvre donc un assez large champ de recherche, que nous nous sommes ici contentés d'effleurer.