



**HAL**  
open science

# Utilisation des bases de données écologiques et dendrométriques pour l'étude et la gestion des boisements naturels sur d'anciennes terres agricoles en déprise.

Thomas Curt, Bernard Prevosto, Christine Marsteau

► **To cite this version:**

Thomas Curt, Bernard Prevosto, Christine Marsteau. Utilisation des bases de données écologiques et dendrométriques pour l'étude et la gestion des boisements naturels sur d'anciennes terres agricoles en déprise.. *Revue forestière française*, 2001, 53 (3-4), pp.442-448. 10.4267/2042/5261 . hal-03442799

**HAL Id: hal-03442799**

**<https://hal.science/hal-03442799v1>**

Submitted on 23 Nov 2021

**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.

## UTILISATION DES BASES DE DONNÉES ÉCOLOGIQUES ET DENDROMÉTRIQUES POUR L'ÉTUDE ET LA GESTION DES BOISEMENTS NATURELS SUR D'ANCIENNES TERRES AGRICOLES EN DÉPRISE

THOMAS CURT - BERNARD PRÉVOSTO - CHRISTINE MARSTEAU

### LE BOISEMENT NATUREL DES ESPACES AGRICOLES EN DÉPRISE

Bien que l'évaluation précise du phénomène de boisement naturel des terres agricoles soit difficile (Curt *et al.*, 1998 ; Dérioz, 1999), il est aujourd'hui admis qu'une part importante de l'augmentation des surfaces forestières au cours des dernières décennies est due à la colonisation naturelle par la forêt d'espaces ruraux en déprise, caractérisés par un abandon ou une diminution des activités agricoles ou pastorales. On estime ainsi à 6,5 millions d'hectares l'augmentation des surfaces embroussaillées, plus ou moins colonisées par les ligneux, entre 1970 et 1996<sup>(1)</sup>.

Cette colonisation ligneuse spontanée conduit à l'établissement de formations préforestières et forestières présentant des différences de composition, de structure, de dynamique spatiale et temporelle. Celles-ci dépendent en effet du contexte écologique (conditions de milieu, aire biogéographique...), de la végétation environnante, des conditions d'abandon et des pratiques qui peuvent encore persister dans ces milieux.

Une caractéristique générale de ces nouveaux espaces forestiers est qu'ils sont mal connus au plan écologique : extension spatiale, composition forestière, dynamique d'évolution. De même, les conditions socio-économiques (type de propriété, nature et motivation des propriétaires, structure foncière) ont fait l'objet de peu d'études.

La perception de l'évolution des boisements naturels est très variable suivant les acteurs concernés et les contextes régionaux. De même, les demandes et les enjeux de gestion sont multiples, depuis le "laisser-faire" jusqu'à une valorisation active de ces nouveaux espaces boisés. Ainsi, pour certains acteurs du milieu rural, les boisements naturels peuvent présenter des aspects négatifs comme la banalisation et la fermeture des paysages, l'augmentation des risques d'incendies, les risques éventuels de perte de diversité biologique. Mais ils peuvent aussi avoir un intérêt sylvicole, écologique, ou économique. Ils sont alors susceptibles d'être valorisés par différents usages, marchands ou non-marchands : production de bois, usage sylvopastoral, récréatif, cynégétique, valeur en tant qu'espaces de nature riches par leur biodiversité et leurs paysages.

(1) Source : IFEN, 1996, *In* : "Les données de l'environnement", n° 26.

On assiste aujourd'hui à une prise de conscience croissante de l'existence de ces nouveaux espaces boisés par différents gestionnaires d'espaces ruraux : responsables d'espaces protégés, Directions régionales de l'Environnement naturel (DIREN), Directions régionales et départementales de l'Agriculture et de la Forêt (DRAF, DDAF), Office national des Forêts (ONF), Centres régionaux de la Propriété forestière (CRPF) et par certaines collectivités territoriales. La colonisation naturelle de terres agricoles par la forêt n'est cependant pas un phénomène nouveau : elle a suivi les grandes phases historiques de déprise agricole qui se sont succédé depuis plus d'un siècle. Les raisons actuelles de l'émergence d'un nouveau questionnement sont multiples. De nombreux acteurs sociaux s'interrogent de plus en plus sur l'évolution paysagère, socio-économique et environnementale des espaces ruraux faiblement gérés. Ces questions sont notamment liées au développement de boisements issus des phases importantes d'abandon des dernières décennies. Ces paysages et ces écosystèmes en cours d'évolution font l'objet de demandes parfois contradictoires : Que se passera-t-il si on ne fait rien ? Peut-on et doit-on gérer tel ou tel boisement naturel ? À quel stade d'évolution ? Dans quel objectif ? Avec quels outils ? Par exemple, les gestionnaires forestiers s'interrogent sur les possibilités de gestion extensive des boisements naturels, en alternative au reboisement traditionnellement utilisé.

En conséquence, les gestionnaires de l'espace rural se tournent vers les scientifiques et les techniciens pour établir un bilan des connaissances actuelles sur les boisements naturels, définir leurs potentialités et les possibilités de valorisation. En moyenne montagne, l'extension des boisements naturels est localement très importante ; elle modifie les paysages et pose des problèmes de gestion aux propriétaires privés et aux décideurs publics. La majeure partie de ces boisements est constituée par des pins (notamment le Pin sylvestre) et des feuillus comme le Bouleau. L'analyse écologique des boisements naturels de pins et de feuillus implique la constitution de bases de données sur le milieu, la flore, la composition dendrométrique des peuplements. Des études ont été entreprises dans le Massif Central (Auvergne, Causses, Cévennes) par le Cemagref. Elles visent à répondre aux principales questions de recherche sur l'écologie de ces nouveaux espaces boisés, et à celles des gestionnaires sur les possibilités de gestion de ces boisements :

- à l'échelle des petites régions naturelles : quelles sont les surfaces couvertes par les boisements naturels, et quels sont les principaux types de peuplements constitués ? Quelle est leur dynamique historique ?

- à l'échelle de la parcelle : quelles sont les caractéristiques écologiques et dendrométriques des boisements naturels ? Comment évoluent les peuplements ? Comment caractériser leurs potentialités sylvicoles et leur valeur écologique ?

Ces questions font ressortir le besoin de constitution de bases de données écologiques et dendrométriques pour mieux connaître et gérer les boisements naturels.

## **MÉTHODOLOGIE UTILISÉE, PRINCIPAUX RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### **Analyse spatio-temporelle : télédétection et photo-interprétation**

La première série de questions nécessite de travailler à échelle moyenne, celle de petites régions naturelles ou de massifs. Les études sur l'évolution naturelle des couverts forestiers sont assez peu fréquentes. Des essais par télédétection ont été réalisés par l'IFN ou par le Cemagref (Durrieu et Deshayes, 1994 ; IFN, 1996). Ces travaux ont montré que les données radiométriques mono-temporelles du satellite SPOT ne permettent pas de distinguer avec fiabilité des états boisés transitoires (friches, accrus). L'imagerie LANDSAT est plus riche pour l'information radiométrique mais souffre d'une résolution spatiale insuffisante pour apprécier finement les différents types de

végétation spontanée (Hotyat et Veyret, 1991). Cependant, les approches diachroniques progressent, notamment du fait de l'amélioration des capteurs (Boureau et Deshayes, 1999).

La photo-interprétation à différentes dates constitue donc le principal outil adapté à ces travaux, même si la reconnaissance des boisements naturels reste parfois difficile. Prévosto (1999) a cartographié les accrus de Pin sylvestre et de Bouleau dans un massif volcanique de la moyenne montagne auvergnate (la chaîne des Puys) à partir de l'analyse de photographies aériennes de 1954, 1974 et 1994. La précision obtenue est bonne, et la reconnaissance fiable. La clef de reconnaissance pour la photo-interprétation est basée sur : a) le nombre de strates (strate arborée et strate arbustive) ; b) le recouvrement de ces différentes strates ; c) la composition des strates ligneuses hautes et basses.

Mais ce travail nécessite du temps et bonne connaissance du terrain d'étude. Loubier (1998, *In* : Curt *et al.*, 1998) a utilisé une méthode comparable pour cartographier les accrus de Pin sylvestre sur les grands Causses du Massif Central (1948, 1977, 1994).

Une campagne de terrain a montré que le travail de photo-interprétation est assez faible, notamment grâce à l'aide de spécialistes de l'IFN pour le choix des critères de reconnaissance. Mais il se heurte à des difficultés classiques en photo-interprétation forestière, ou plus spécifiques de ces formations forestières en évolution rapide :

- il n'est pas toujours possible de disposer de missions photographiques à des dates correspondant à celles de phases d'abandon ou de réduction des activités agricoles. Par ailleurs, il est souvent difficile d'obtenir des renseignements fiables sur l'historique des parcelles à croiser avec les résultats de la photo-interprétation ;

- ces boisements sont souvent discontinus dans l'espace ; certaines zones en mosaïque ou particulièrement hétérogènes doivent être cartographiées comme des unités complexes, sans pouvoir donner plus de précisions à l'utilisateur ;

- il peut exister des risques de confusion entre les parcelles qui sont naturellement colonisées par la forêt, et des boisements modifiés par des éclaircies irrégulières, ou par des boisements lâches. La frontière entre le boisement spontané mature et le peuplement artificiel de la même essence est ténue ;

- de nombreuses formations végétales colonisant les espaces en déprise passent par des stades de friches plus ou moins boisées : le choix d'un seuil de couverture forestière est donc fondamental pour déterminer s'il s'agit bien d'un boisement naturel ou d'une friche agricole ;

- il peut exister des risques de confusion entre essences. Des logiciels sont mis au point pour aider à la reconnaissance automatique des "patrons<sup>(2)</sup>" d'installation des boisements (Boureau et Deshayes, 1999 ; Chadoeuf *et al.*, 1998). Dans ce dernier exemple, qui concerne les accrus de Buis sur les Causses, la validité globale de la photo-interprétation avec l'aide d'un modèle de reconnaissance automatique est de 85 %. La proportion de Buis non identifiés est de l'ordre de 11 %, et celle d'objets identifiés à tort comme du Buis (Pins, Genévriers) est de 14 %.

Ces travaux ont cependant permis dans tous les cas de déterminer avec une bonne précision l'extension naturelle des forêts, de caractériser les patrons spatiaux des boisements, de caractériser les grands types d'accrus, et servent de support aux autres travaux en aval : échantillonnage écologique, enquêtes auprès des propriétaires sur l'histoire et la gestion des parcelles (Loubier, 1998).

---

(2) Un patron spatial est l'arrangement des arbres dans l'espace : en ligne, en gradient, aléatoire, par groupes, etc.

### La construction des bases de données écologiques et dendrométriques pour la typologie

Afin de proposer aux gestionnaires des itinéraires techniques, il est nécessaire de produire des typologies des boisements naturels, d'évaluer leurs potentialités (sylvicoles, sylvopastorales, valeur écologique et patrimoniale, etc.), et de mieux connaître leur évolution dynamique dans le temps et dans l'espace. L'ensemble de ces questions nécessite d'établir des bases de données écologiques et dendrométriques des boisements naturels.

La démarche qui a été utilisée dans le Massif Central pour les accrus de Bouleau et de Pin sylvestre (Prévosto *et al.*, 1997 ; Marsteau *et al.*, 1998) est proche de celle classiquement utilisée pour établir des typologies de peuplements ou d'écosystèmes forestiers :

- construction d'un plan d'échantillonnage raisonné destiné à couvrir au mieux la variabilité écologique et dendrométrique ;
- mise en place de placettes d'une surface de 400 à 1 000 m<sup>2</sup> ;
- relevés sur chaque placette des principales variables écologiques (sol, topographie, etc.), dendrométriques (composition du peuplement, hauteur des arbres, âge, position sur la placette, etc.), et relevé floristique complet suivant le protocole classique en typologie des stations forestières ;
- traitement des données par analyses multifactorielles (AFC, CAH) ;
- établissement des types et vérification sur le terrain.

Les différentes études ont abouti à des résultats assez cohérents. En premier lieu, il apparaît que la classification la plus robuste au plan statistique est — comme dans les typologies de stations forestières — celle qui est obtenue à partir des données floristiques, complétées par les données sur le milieu. Les données dendrométriques ne viennent qu'en complément de la typologie, afin de préciser la valeur des peuplements pour chacun des types obtenus. Ce résultat s'explique par le fait que la flore permet de différencier les accrus rattachés à des stades évolutifs précoces, dont la composition floristique est proche de celle des milieux ouverts (landes et pelouses), des stades évolutifs plus mûrs, dont le tapis floristique est riche en espèces des milieux forestiers fermés et matures (Prévosto *et al.*, 1997). Dans les accrus de Pins des parcours caussenards (Marsteau *et al.*, 1999), les différents types sont distingués en fonction de la composition floristique des stades initiaux, qui est elle-même liée à l'intensité du pâturage, et plus largement aux pratiques pastorales. Au total, le tapis floristique reflète assez bien l'histoire du peuplement et les potentialités du milieu malgré le changement des modes d'occupation du sol et les "perturbations" écologiques subies par les accrus (gestion sylvicole, pâturage sous forêt, etc.). L'utilisation de critères floristiques pour bâtir la typologie permet aussi d'évaluer la valeur patrimoniale (habitats, biodiversité) des différents types, et de tenter de replacer les types les uns par rapport aux autres dans une trajectoire dynamique d'ensemble (Prévosto *et al.*, 1997), des stades jeunes vers les plus mûrs. Cette démarche reste cependant difficile, en particulier lorsque tous les stades évolutifs d'une même série ne sont pas représentés, et qu'il est difficile de connaître l'histoire exacte subie par le peuplement. Par exemple, deux accrus de pins présenteront des caractéristiques statiques (écologiques, dendrométriques) et dynamiques très différentes selon l'histoire qu'il auront subie et les conditions de l'abandon de la pratique agricole : on sait par exemple que la dynamique d'installation du Pin sylvestre sera beaucoup plus lente sur des landes à Callune que sur des terrains anciennement cultivés couverts d'une végétation moins fortement compétitrice.

Les classifications dendrométriques sont souvent perturbées par l'histoire du peuplement, qui est parfois complexe et souvent mal connue. Il est donc difficile d'obtenir une image cohérente des types de peuplements existants au sein d'une zone d'étude, car ceux-ci ont subi des histoires et des dynamiques très différentes. L'utilisation des classifications sur la base de variables dendro-

métriques permet cependant d'évaluer la valeur sylvicole des peuplements, et de proposer des modes de gestion sylvicole adaptés (Doussot, 1999).

Les bases de données écologiques et dendrométriques peuvent aussi être utilisées pour mieux comprendre la dynamique d'installation et la croissance en hauteur des peuplements. En effet, il est important de connaître la croissance des peuplements en conditions de croissance et de compétition spécifiques des milieux anciennement cultivés ou pâturés. Prévosto (1999) a ainsi montré l'influence du statut compétitif d'un arbre au sein du peuplement sur sa croissance en hauteur et en diamètre. De même, la vitesse d'installation et de croissance des arbres dépend fortement des conditions de milieu et de la végétation concurrente. En règle générale, la colonisation et l'installation des ligneux colonisateurs se sont effectuées très rapidement. Dans une deuxième phase, des différences importantes apparaissent au sein des peuplements selon le statut de l'arbre et les phénomènes de compétition intra- ou inter-spécifiques. La mise au point de courbes et de modèles de croissance des essences forestières pionnières permet de mieux comprendre la dynamique d'installation de celles-ci, et de caractériser leurs potentialités à terme.

### **L'utilisation des bases de données et des connaissances pour la gestion des accrus**

Notre démarche de typologie et de caractérisation des boisements naturels en moyenne montagne est initialement orientée vers des objectifs de gestion sylvicole. Il s'agit, à partir de connaissances sur la composition des peuplements et leur dynamique d'évolution, de caractériser leur potentiel sylvicole actuel, et de prévoir leur évolution sur les court et moyen termes.

Le potentiel sylvicole peut être évalué à un instant "t" par les caractéristiques dendrométriques des placettes et par leurs caractéristiques générales (surface, accès, etc.). On peut ainsi connaître la composition du peuplement, la surface terrière, les dimensions des arbres, etc. Cette démarche est utilisée par exemple par Guyon (1999) dans les accrus feuillus du Cantal, ou par Gauberville et Michel (1999) en région Centre. La gestion actuelle peut aussi être sylvopastorale, destinée à valoriser la production d'herbe en même temps que celle des arbres. Ce mode de gestion traditionnel dans de nombreuses régions est de mieux en mieux connu et maîtrisé. Mais la gestion sylvicole (*sensu lato*) de boisements naturels est souvent limitée en moyenne montagne, où ces peuplements sont constitués en majorité d'essences pionnières de faible valeur et de qualité très variable (Pins, feuillus divers) faute d'une gestion sylvicole précoce et raisonnée. Les contraintes foncières (faible superficie, morcellement, limites incertaines...) et le manque de motivation des propriétaires constituent des verrous supplémentaires à une mise en valeur de ces boisements (Loiseau et Michalland, 1999). Ces peuplements ne peuvent souvent pas rivaliser, en termes de productivité et de rentabilité économique, avec les reboisements résineux. Dans ce cas, la gestion sylvicole peut être conçue dans un objectif à moyen terme de production de bois à moindre coût initial, en utilisant la dynamique naturelle. Il s'agit alors de guider le peuplement vers des stades plus matures et plus intéressants au plan écologique : par exemple, on observe fréquemment le retour du Hêtre et des essences compagnes dans de vieux accrus de pins. On peut ainsi le favoriser par la gestion, en introduisant des plants de cette essence ou d'autres essences de diversification (Sapin pectiné, Érables).

Les demandes des gestionnaires d'espaces ruraux (forestiers, responsables d'espaces protégés, collectivités) de moyenne montagne évoluent aussi vers la prise en compte de la valeur écologique ou patrimoniale de ces nouveaux espaces forestiers. Ces espaces sont souvent plus riches en termes de diversité biologique que les espaces ouverts ou les forêts matures. Ils peuvent servir de refuge à des espèces qui apprécient leur hétérogénéité, leur caractère semi-ouvert, et la diversité qu'ils offrent par rapport aux reboisements massifs et monospécifiques. La prise en compte d'indices de diversité végétale, ou la présence d'espèces ou d'habitats particuliers,

permet d'envisager des modes de gestion conservatoire de ces milieux. Ces aspects restent mal connus et méritent d'être étudiés.

## CONCLUSIONS

Les travaux menés depuis quelques années ont montré que les boisements naturels des espaces agricoles en déprise constituent des nouveaux écosystèmes boisés susceptibles de multiples valorisations. Ils restent cependant difficiles à caractériser, du fait des interactions nombreuses entre le milieu, l'histoire, les pratiques et la dynamique naturelle de la végétation.

Les principales questions en suspens et les perspectives de recherche portent sur :

- une meilleure compréhension des dynamiques d'installation des essences en fonction du milieu et des antécédents ;
- une meilleure prédiction de leur croissance et de la qualité des peuplements en fonction des essences concernées, grâce à la construction de modèles de croissance tenant compte notamment de la compétition ;
- une meilleure compréhension de la dynamique spatiale d'installation des ligneux dans différents milieux, par construction de modèles de colonisation spatiale (Prévosto, 1999) ;
- l'expérimentation de modes de gestion permettant de tirer parti de la dynamique naturelle de boisement et d'évolution des peuplements.

Il reste en amont à acquérir une meilleure connaissance des surfaces couvertes par ces peuplements et de leurs grandes caractéristiques écologiques et dendrométriques, à laquelle peuvent contribuer les données de l'Inventaire forestier national, par la comparaison de l'évolution des surfaces boisées naturellement entre deux campagnes d'inventaire.

Thomas CURT - Bernard PRÉVOSTO - Christine MARSTEAU  
UR Forêt et Agroforesterie  
CEMAGREF  
24, avenue des Landais  
BP 50085  
F-63172 AUBIÈRE  
(thomas.curt@cemagref.fr)  
(bernard.prevosto@cemagref.fr)  
(christine.marsteau@cemagref.fr)

## BIBLIOGRAPHIE

- BOUREAU (J.-G.), DESHAYES (M.). — Méthodes d'inventaire et de cartographie des accrus forestiers. *In* : T. Curt Éd. — *Ingénieries-EAT*, n° spécial "Boisements naturels des espaces agricoles en déprise", 1999, pp. 151-162.
- CHADOEUF (J.), DUVERNOY (I.), ROUSSET (O.), MONESTIEZ (P.), LARDON (S.), TRIBOULET (P.), LEPART (J.), OSTY (J.-L.). — Modèle d'embroussaillage par le Buis et hiérarchie des différents paramètres de la diffusion. *In* : *Ecospace* / P. Monestiez Éd. . — INRA, 1998.
- CURT (T.), MARSTEAU (C.), MICHALLAND (B.), PRÉVOSTO (B.). — Dynamique et gestion des boisements spontanés de moyenne montagne. — Cemagref, 1998. — 100 p.
- CURT (T.), BROCHIERO (F.), PRÉVOSTO (B.). — Boisement naturel des terres agricoles en déprise. — 2<sup>e</sup> édition revue et complétée. — Rapport Cemagref – GIP Ecofor, 1999. — 150 p.

- DERIOZ (P.). — Comment quantifier le phénomène de boisement spontané : inventaire des inventaires à l'échelle nationale. — *Ingénieries-EAT*, n° spécial "Boisements naturels des espaces agricoles en déprise", 1999, pp. 11-24.
- DOUSSOT (R.). — Une typologie, un outil, pour quoi faire ? In : Actes du séminaire "Les typologies de peuplements", Nancy, 23-24 novembre 1999. — Nancy : ENGREF ; Paris : DERF, 1999. — 3 p.
- DURRIEU (S.), DESHAYES (M.). — Méthode de comparaison d'images satellitaires pour la détection des changements en milieu forestier ; application aux monts de Lacaune. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 51, 1994, pp. 147-161.
- GAUBERVILLE (C.), MICHEL (C.). — Typologie des accrus en Sologne et Boischaux nord. — *Ingénieries-EAT*, n° spécial "Boisements naturels des espaces agricoles en déprise", 1999, pp. 133-140.
- GUYON (A.). — Gestion des accrus à feuillus précieux. La nécessité impérieuse de bien connaître son peuplement. — *Ingénieries-EAT*, n° spécial "Boisements naturels des espaces agricoles en déprise", 1999, pp. 163-166.
- HOTYAT (M.), VEYRET (Y.). — Couverts forestiers et enrichissement en Auvergne. L'apport de la télanalyse. — *Bulletin de la Société de Géographie de France*, n° 1, 1991, pp. 57-65.
- INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL. — Étude de faisabilité et mise au point d'une méthode d'évaluation de l'extension spatiale des friches et du boisement des terres agricoles. — Rapport d'étude 94H20101. — Paris : DERF - ANDA, 1996. — 51 p.
- LOUBIER (K.). — Impact des pratiques sylvopastorales sur l'évolution des boisements spontanés des parcours des Causses. — ENITAC ; Cemagref, 1998. — 51 p. + annexes.
- LOISEAU (B.), MICHALLAND (B.). — Les Propriétaires privés de boisements spontanés : le cas de la Chaîne des Puys. In : T. Curt Éd. — *Ingénieries-EAT*, n° spécial "Boisements naturels des espaces agricoles en déprise", 1999, pp. 117-126.
- MARSTEAU (C.), CURT (T.), LOUBIER (K.). — Stratégie de gestion des boisements spontanés. Rapport des travaux de l'année 1999 : 1- Impact des changements des pratiques agricoles sur la dynamique naturelle des Pins sylvestres des parcours des Causses. 2- Synthèse des recherches 1996-98 sur la dynamique naturelle de Pins sylvestres des parcours des Causses. — Rapport Cemagref - Ministère de l'Environnement (DNP), 1999. — 66 p.
- PRÉVOSTO (B.), CURT (T.), AGRECH (G.), BOURHIS (O.). — Typologie et dynamique des boisements spontanés en moyenne montagne volcanique : la chaîne des Puys. — Rapport Cemagref-Groupement de Clermont-Ferrand, 1997. — 60 p.
- PRÉVOSTO (B.). — Analyse fonctionnelle des boisements spontanés et modélisation de leur développement. Application aux peuplements de *Betula pendula* (Roth.) et *Pinus sylvestris* en moyenne montagne volcanique (la chaîne des Puys, Massif Central). — Université Aix-Marseille, 1999. — 198 p. (Thèse).