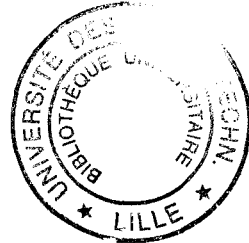


50372
1996
2204

UNIVERSITE DES SCIENCES
ET TECHNOLOGIES DE LILLE
UFR DE GEOGRAPHIE

URA 1688 DU CNRS
GEOGRAPHIE DES
MILIEUX ANTHROPISES



ETUDE DE LA DYNAMIQUE DES MILIEUX FORESTIERS DU LITTORAL DU NORD DE LA FRANCE

Volume I

Yves PETIT-BERGHEM

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur de l'Université,
soutenue publiquement le 10 décembre 1996

Spécialité: GEOGRAPHIE
Analyse géographique du milieu physique, ressources et risques « naturels »

Jury:	J. SOMME, Professeur à l'Université de Lille I	Président
	J.J. DUBOIS, Professeur à l'Université de Lille I	Directeur
	P. ARNOULD, Professeur à l'Université de Paris I	Rapporteurs
	M. HOTYAT, Professeur à l'Université de Paris IV	
	C. KERGOMARD, Professeur à l'Université de Lille I	Examineur



AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS

Aux termes de ces trois années de recherche, je tiens à adresser mes remerciements aux personnes qui ont contribué de près ou de loin à rendre cette étude réalisable et plus attrayante.

J'exprime ma profonde gratitude au professeur J.J.Dubois qui a accepté de diriger mes recherches depuis 1992. Je le remercie pour son aide constante, sa compétence, ses conseils et le temps précieux qu'il a bien voulu me consacrer.

Mes remerciements vont aussi aux enseignants-chercheurs et au personnel des laboratoires de l'U.F.R. dont je fais partie pour leur aide dans leur domaine propre de compétence. Je n'oublie pas les étudiants de troisième cycle en géographie physique et en particulier P.Lanoy-Ratel qui a facilité l'acquisition des clichés photographiques détenus par l'université de Keele.

Le dépouillement des documents historiques a été possible grâce à la coopération et à l'appui technique du personnel des archives départementales d'Arras et d'Amiens et à celui des principales bibliothèques ou musées municipaux du littoral. Sur ce point particulier de la recherche historique, je remercie A.D.Kapferer, ancienne enseignante de l'université de Franche-Comté, pour l'envoi de ses documents personnels.

Une partie importante de ce travail de thèse s'est intégrée dans le programme européen Life 92-FR-013 « Biodiversité et protection dunaire » établi en date du 23 novembre 1992 entre l'Union Européenne et l'Office National des Forêts. Le choix des dunes de Merlimont comme l'un des chantiers pilotes de ce programme de recherche a permis d'engager toute une série d'études portant en priorité sur la géomorphologie, l'hydrogéologie et la végétation.

Ce programme à caractère pluridisciplinaire m'a donné la possibilité de travailler en étroite collaboration avec d'autres jeunes chercheurs de l'université et le personnel de l'O.N.F. Je remercie le Service O.N.F.-Littoral de Bordeaux et J.Favennec pour son invitation au séminaire de conclusion du programme qui s'est déroulé à Bordeaux en avril 1996. La collaboration de l'O.N.F. (ingénieurs et techniciens forestiers des Directions régionales de l'Aquitaine et du Nord-Pas-de-Calais et de la Subdivision de Boulogne-sur-mer) a été fructueuse au cours des réunions de travail et des tournées sur le terrain.

Ce travail n'aurait pu aboutir sans le concours de personnes compétentes en botanique et phytosociologie.

A ce titre, je remercie le professeur J.M.Géhu et le personnel du centre de phytosociologie de Bailleul pour l'accueil qu'ils ont bien voulu me réserver. Le stage organisé en septembre 1993 par l'Amicale Internationale de Phytosociologie contribua à l'enrichissement de mes connaissances sur la végétation littorale. Ce stage coupla un enseignement théorique (initiation à la phytosociologie paysagère, typologie phytosociologique des habitats) et la pratique du terrain (la végétation littorale et ses modifications anthropogènes). Ma participation à ce stage de formation fut l'occasion de rencontrer des personnes

compétentes en phytosociologie et symphytosociologie et d'être initié aux techniques d'analyse de ces disciplines.

J.P.Matysiak, membre du Conseil d'Administration de la Société de Botanique du Nord de la France, m'a été d'un précieux secours dans la réalisation des relevés floristiques.

Ma reconnaissance va aussi à l'équipe de pédologie de l'université de Gand, sous la direction du professeur R.Langhor (Institut de pédologie).R.Langhor et son assistante C.Ampe ont su m'apporter des éclaircissements sur certains profils et analyses de sol.

Cette thèse m'a aussi amené à rencontrer des propriétaires et praticiens de la forêt, en particulier messieurs P.Auguié, R.Cuvelier, J.P.Lacroix, L.Tiberghien.Je remercie tous ces propriétaires pour les entretiens qu'ils m'ont accordés.Certains propriétaires n'ont pas hésité à s'investir et à puiser dans leur documentation personnelle.

C'est également grâce aux contacts noués avec les partenaires territoriaux du littoral qu'ont pu être développés certains points de mon travail.A ce propos, je tiens à inclure H.Brabant de l'association Eden 62 (Espaces Départementaux Naturels) et P.Masset (D.D.A.F. du Pas-de-Calais, subdivision de Boulogne-sur-mer).

Enfin, je ne saurais oublier lors de ces années de recherche ma famille et mes proches, parents, frère et amis qui m'ont soutenu et constamment aidé tout au long de ce travail.Que tous soient remerciés pour leur confiance qu'ils m'ont témoignée.

ETUDE DE LA DYNAMIQUE DES MILIEUX FORESTIERS DU LITTORAL DU NORD DE LA FRANCE

INTRODUCTION GENERALE.....	p. 1
----------------------------	------

PREMIERE PARTIE: PROBLEMATIQUE D'ENSEMBLE ET PRESENTATION DES METHODES DE TRAVAIL

Chapitre I. Une étude de biogéographie géographique et historique.....	p. 6
<u>A. Les différentes biogéographies: une source de conflit ou de complémentarité ?.....</u>	p. 6
<i>1. De la biogéographie évolutive à la biogéographie historique.....</i>	p. 6
<i>2. Une discipline à l'interface de la Nature et de la Société</i>	p. 7
<u>B. La complexité de la combinaison biogéographique: le concept de géosystème.....</u>	p. 8
<i>1. Une démarche systémique.....</i>	p. 8
<i>2. Classification dimensionnelle et emboîtement d'échelles.....</i>	p. 9
Chapitre II. Une étude de la dynamique.....	p. 12
<u>A. Une dynamique naturelle bloquée ?.....</u>	p. 12
<i>1. Des dunes à l'origine de deux concepts clés de l'écologie du XX ème siècle: succession végétale et climax.....</i>	p. 12
<i>2. La zonation actuelle de la végétation dunaire.....</i>	p. 13
<i>3. La végétation des dunes littorales: une potentialité pré-forestière ?.....</i>	p. 14
<u>B. Une dynamique anthropique essentielle.....</u>	p. 16
<i>1. L'insertion de l'homme dans les paysages dunaires.....</i>	p. 16
<i>2. Un rôle souvent moteur dans la dynamique.....</i>	p. 17

C. Les legs du passé: les différents pas de temps envisagés.....	p. 18
1. <i>Le temps long: le poids des facteurs naturels.....</i>	<i>p. 18</i>
2. <i>Le temps des hommes et du « vécu » ou l'histoire sociale des milieux dits « naturels ».....</i>	<i>p. 19</i>
3. <i>Le temps court: l'actuel ou le passé récent.....</i>	<i>p. 20</i>
D. Les différentes possibilités d'étude de la dynamique: un emboîtement d'échelles et de méthodes.....	p. 21
1. <i>Les paysages du passé: les données bibliographiques et les sources d'archives... ..</i>	<i>p. 21</i>
2. <i>De 1940 à l'actuel: les apports variés de la téléanalyse.....</i>	<i>p. 23</i>
3. <i>Les paysages d'aujourd'hui: le travail de terrain, une mine inépuisable d'informations.....</i>	<i>p. 25</i>

<p>DEUXIEME PARTIE: ESPACES ET MILIEUX DUNAIRES DU NORD DE LA FRANCE: DU SABLE NU AUX FORETS LITTORALES</p>

Chapitre III. L'inerte et le vivant: présentation statique et dynamique.....	p. 28
A. Le milieu dunaire: le monde du mouvement et de l'éphémère.....	p. 28
1. <i>Des systèmes dunaires larges de plusieurs kilomètres.....</i>	<i>p. 28</i>
2. <i>La relation dune-végétation: les premières plantes psammophiles et le rôle fixateur des végétaux.....</i>	<i>p. 29</i>
3. <i>Les caractères climatiques et microclimatiques des dunes.....</i>	<i>p. 30</i>
B. Evolution littorale et chronologie des systèmes dunaires.....	p. 32
1. <i>La dynamique littorale et la formation des systèmes dunaires.....</i>	<i>p. 32</i>
1.1. <i>Les périodes de transgression et de régression marine.....</i>	<i>p. 32</i>
1.2. <i>La formation des dunes littorales.....</i>	<i>p. 33</i>
2. <i>Chronologie des systèmes dunaires.....</i>	<i>p. 34</i>
2.1. <i>Les dunes néerlandaises.....</i>	<i>p. 34</i>
2.2. <i>Les dunes de la côte belge.....</i>	<i>p. 35</i>
2.3. <i>Les dunes de la plaine maritime picarde.....</i>	<i>p. 36</i>
C. <u>La méthode palynologique: son caractère scientifique combiné aux données stratigraphiques et archéologiques; son intérêt pour reconstituer l'histoire de la végétation.....</u>	p. 39

1. <i>L'analyse palynologique: avantages et contraintes</i>	p. 39
1.1. Méthodologie.....	p. 39
1.2. Les limites de l'analyse palynologique.....	p. 39
2. <i>Etude de quelques diagrammes polliniques</i>	p. 40
2.1. Spectres polliniques et forêts « fossiles » des côtes septentrionales de la France.....	p. 40
2.2. Quelques éléments de comparaison avec les côtes belges et néerlandaises.....	p. 43
D. Colonisation humaine et premiers témoignages écrits sur l'occupation du sol	p. 46
1. <i>Les débuts de l'occupation humaine sur le littoral</i>	p. 46
2. <i>Forêts et marécages de la Morinie</i>	p. 47
Chapitre IV. Les forêts littorales du nord de la France: des créations humaines	p. 49
A. Le territoire de la garenne: le sable nu avant les arbres	p. 49
1. <i>La perception des dunes au Moyen Age: des espaces peu recherchés suscitant l'angoisse des hommes</i>	p. 49
2. <i>Les sources cartographiques et toponymiques</i>	p. 53
2.1. Les cartes du Boulonnais antérieures au XVIII ^{ème} siècle.....	p. 53
2.2. Cartes et plans du XVIII ^{ème} siècle.....	p. 54
2.2.1. La carte de Cassini, première carte topographique de France ?..	p. 54
2.2.2. Autres sources cartographiques du XVIII ^{ème} siècle.....	p. 55
2.3. Les progrès cartographiques du XIX ^{ème} siècle.....	p. 56
2.3.1. La carte d'état-major.....	p. 56
2.3.2. L'exploitation des plans parcellaires ou plans cadastraux.....	p. 58
2.4. Contribution de la toponymie et de la microtoponymie pour une meilleure connaissance du milieu dunaire.....	p. 60
2.4.1. Toponymie et végétation littorale.....	p. 60
2.4.2. Les plans de garennes et leur intérêt toponymique.....	p. 63
3. <i>Les représentations picturales: une source iconographique exploitable</i>	p. 65
3.1. Les peintres naturalistes de Berck.....	p. 65
3.2. Des paysages végétaux propices aux inspirations.....	p. 66
B. L'afforestation des dunes: un travail de longue haleine	p. 67
1. <i>Les travaux préalables au boisement: la fixation des sables</i>	p. 67

2. <i>Le boisement des dunes: une opération lente et coûteuse</i>	p. 70
2.1. La « qualité végétative » des sables.....	p. 72
2.2. Installation par voie de semis et par voie de plantation.....	p. 72
2.3. Les encouragements donnés par l'Etat: l'octroi de subventions.....	p. 74
2.4. Un laboratoire d'expérimentation: beaucoup d'essais et des essences progressivement sélectionnées.....	p. 75
<u>C. Les grandes forêts littorales anthropiques</u>	p. 76
1. <i>Le boisement des dunes de Condette et de Saint-Etienne: l'oeuvre de Mr A.Adam</i>	p. 76
1.1. Les opérations réalisées: méthodes, réorientations et résultats.....	p. 76
1.2. Une grande variété d'essences introduites.....	p. 78
1.3. L'exploitation des bois de pins et de feuillus.....	p. 79
1.4. Les conséquences des boisements.....	p. 80
2. <i>La transformation des garennes de Cucq Trépiéd en forêt</i>	p. 80
2.1. Bref rappel historique et premières tentatives de mise en valeur du domaine.....	p. 80
2.2. Une forêt pensée et construite par Mr Daloz.....	p. 82
2.3. L'exploitation des bois de pins.....	p. 83
2.3.1. Le conservatisme de Daloz.....	p. 83
2.3.2. La fourniture de bois de mine.....	p. 83
3. <i>Le domaine du Marquenterre: un isolement complet de la région jusqu'au XIX ème siècle</i>	p. 84
3.1. Des dunes improductives couvertes d'oyats et de mauvaises herbes.....	p. 84
3.2. Des propriétaires peu soucieux de boiser leur domaine.....	p. 86
3.3. Des plantations tardives.....	p. 87
3.4. Une vocation forestière?.....	p. 88
<u>D. Les autres boisements des dunes: la diversité dans le morcellement</u>	p. 89
1. <i>Le boisement des dunes autour du Mont Saint-Frieux</i>	p. 89
1.1. Le Domaine de Mr Leroy Mabile.....	p. 89
1.2. Le point de vue du sylviculteur.....	p. 89
1.3. Des méthodes de gestion dynamiques.....	p. 90
2. <i>Un grand nombre de propriétés privées</i>	p. 91
2.1. Un pari difficile: la reconstitution historique des plantations.....	p. 91
2.2. Des expériences de boisement nombreuses: beaucoup de tâtonnements et d'expérimentations.....	p. 92

3. <i>Un cas particulier: la forêt domaniale d'Hardelot</i>	p. 94
3.1. Une forêt ancienne et préservée.....	p. 94
3.2. Le dépérissement chronique des chênes.....	p. 95
E. Les conséquences des boisements	p. 95
1. <i>L'augmentation de la valeur de la dune</i>	p. 95
2. <i>Le véritable départ de la dynamique forestière</i>	p. 98
 Conclusion de la deuxième partie	p. 100

<p>TROISIEME PARTIE: LA TELEDETECTION AERIENNE ET SPATIALE: UN OUTIL PERFORMANT POUR UN SUIVI DE LA DYNAMIQUE</p>

Chapitre V. Les grands traits de l'évolution des dunes et de la végétation à partir des photographies aériennes	p. 103
 A Les grands avantages de l'emploi de la photographie aérienne en milieu dunaire	p. 103
1. <i>Donner des informations locales tout en gardant une possibilité de vision globale sur l'ensemble d'un massif</i>	p. 103
2. <i>Discriminer et analyser les principales structures physiologiques des éléments du tapis végétal</i>	p. 104
3. <i>Apprécier la dynamique du milieu grâce à une vue synoptique et répétitive de la même région d'étude</i>	p. 105
3.1. Le temps d'observation: une période d'observation longue.....	p. 105
3.2. Une étude de l'évolution des paysages et des rapports entre les différents éléments du paysage.....	p. 105
 B. Essai d'approche objective de l'évolution des dunes et de la couverture végétale à partir des photographies aériennes	p. 106
1 <i>De la photo-identification à la photo-interprétation</i>	p. 106
2 <i>Utilisation des clichés séquentiels noir et blanc pour une cartographie dynamique des systèmes dunaires</i>	p. 108
2.1. Le nord de l'estuaire de la Canche: le secteur de Dannes et du Mont Saint-Frieux.....	p. 108
2.2. Le secteur du Touquet-Paris-Plage.....	p. 109

2.3. Le sud de l'Authie: le domaine du Marquenterre.....	p. 111
C. Photo-interprétation détaillée du système dunaire de Berck-Merlimont depuis 1940.....	p. 114
1. <i>Un raccourci saisissant de l'histoire: l'évolution pluridécennale (1940-1994).....</i>	<i>p. 114</i>
1.1. Les clichés britanniques: juin 1940 et juin 1944.....	p. 114
1.2. La mission couleur de mai 1994.....	p. 116
2. <i>Comparaison des clichés multi-dates: perception des changements qualitatifs et de l'intensité des faits dynamiques.....</i>	<i>p. 117</i>
2.1. Analyse de la mission de 1947.....	p. 118
2.2. Analyse des missions de 1955 et 1963.....	p. 119
2.3. Analyse de la mission de 1971.....	p. 121
2.4. Analyse de la mission de 1976.....	p. 121
2.5. Analyse de la mission de 1983.....	p. 122
2.6. Analyse de la photographie aérienne numérisée d'août 1983.....	p. 123
2.7. Analyse de la mission de 1989.....	p. 124
2.8. Les limites d'extension de la végétation forestière.....	p. 124
Chapitre VI. Les apports de la télédétection spatiale.....	p. 126
A Nature et interprétation de l'information satellitale.....	p. 126
1. <i>Des données numériques aux documents analogiques.....</i>	<i>p. 126</i>
2. <i>Lecture et interprétation des données images.....</i>	<i>p. 127</i>
B. L'analyse visuelle d'une image en compositions colorées: zonage et cartographies thématiques.....	p. 129
1. <i>L'image Landsat TM du 05/10/89: structure du paysage et cartographies régionales.....</i>	<i>p. 129</i>
1.1. Une image révélatrice de contrastes paysagers.....	p. 129
1.1.1. Le « pouvoir discriminant » des couleurs.....	p. 130
1.1.2. La pluralité des formes rencontrées.....	p. 131
1.2. Intérêts et limites du document.....	p. 132
2. <i>Image satellitale et discrimination des résineux.....</i>	<i>p. 133</i>
2.1. Méthodologie employée: reconnaissance préliminaire et contrôle au sol	p. 133
2.2. La généralisation des résultats: cartographie des surfaces résineuses.....	p. 134
3. <i>Les documents Spot de janvier et mai 1992.....</i>	<i>p. 135</i>

3.1. L'image du 22 janvier 1992.....	p. 135
3.2. L'image du 14 mai 1992.....	p. 136
C. Le travail sur la perception spatiale des objets.....	p. 136
1. <i>Ajustement de couleur et réglage des contrastes.....</i>	<i>p. 136</i>
2. <i>Le facteur d'échelle graphique: « zoomage » et agrandissements successifs.....</i>	<i>p. 137</i>

QUATRIEME PARTIE: ETUDE DE LA DYNAMIQUE DU COUVERT FORESTIER A
L'ECHELLE LOCALE OU STATIONNELLE: UNE APPROCHE SPATIO
TEMPORELLE

Chapitre VII. Présentation des différents sites d'étude.....	p. 141
<u>A. Le chantier pilote des dunes de Merlimont: le chantier de la pluridisciplinarité.....</u>	<u>p. 141</u>
1. <i>L'opportunité d'un programme européen.....</i>	<i>p. 141</i>
2. <i>Les premiers acquis du programme de recherche.....</i>	<i>p. 141</i>
3. <i>L'étude dynamique de la végétation forestière.....</i>	<i>p. 142</i>
<u>B. Les autres sites de travail.....</u>	<u>p. 143</u>
Chapitre VIII. Des schémas dynamiques linéaires insuffisants.....	p. 144
<u>A. La force inductive de la phytosociologie.....</u>	<u>p. 144</u>
<u>B. La symphytosociologie: principes de la méthode et résultats.....</u>	<u>p. 147</u>
<u>C. Une exploitation des techniques acquises en symphytosociologie: le découpage de l'espace en cellules paysagères isofonctionnelles.....</u>	<u>p. 148</u>
1. <i>Les principes fondamentaux de la méthode.....</i>	<i>p. 149</i>
2. <i>L'exploitation des résultats.....</i>	<i>p. 150</i>
<u>D. La division des systèmes dunaires en bandes biogécocénotiques et en biotomes.....</u>	<u>p. 151</u>
Chapitre IX. Principaux aspects de la dynamique de la végétation forestière.....	p. 154
<u>A. Un bilan des états actuels: l'approche synchronique.....</u>	<u>p. 154</u>

1. <i>Des dynamiques spatiales différentes</i>	p. 155
1.1. Des modèles de dynamiques spatiales non linéaires.....	p. 155
1.1.1. Le massif d'Ecault-Condette.....	p. 155
1.1.2. Le domaine du Mont St-Frieux.....	p. 156
1.2. Le secteur test de Merlimont: analyse des grands types de dynamique externes à la bétulaie.....	p. 158
1.2.1. Les grands domaines de végétation.....	p. 158
1.2.2. Des formes de conquête spatiale variées.....	p. 160
1.2.3. La vision frontale: lecture dynamique des lisières.....	p. 162
2. <i>La forêt vue du dedans: les dynamiques internes propres à la bétulaie</i>	p. 164
2.1. Méthodologie de terrain et de laboratoire.....	p. 164
2.1.1. Les relevés de végétation.....	p. 164
2.1.2. Les relevés pédologiques.....	p. 165
2.1.2.1. Un littoral peu prospecté: la rareté des études pédologiques.....	p. 165
2.1.2.2. Méthodologie adoptée: étude morphologique et analyse en laboratoire.....	p. 167
2.2. L'exploitation des résultats.....	p. 167
2.2.1. Les données pédologiques.....	p. 167
2.2.1.1. Nomenclature des horizons et classification.....	p. 168
2.2.1.2. L'analyse granulométrique.....	p. 171
2.2.1.3. La chimie des sols: répartition des éléments échangeables.....	p. 172
2.2.2. La dualité du sol et de la végétation: diagnostics stationnels... p. 174	
2.2.2.1. Les six stations d'étude de Merlimont.....	p. 174
2.2.2.2. Un cas particulier: le « sol » de la forêt d'Ecault.....	p. 182
2.3. Les apports de l'autoécologie.....	p. 183
2.3.1. Une dynamique propre à chaque espèce.....	p. 183
2.3.2. Architecture et morphologie forestière.....	p. 183
2.4. Conclusions.....	p. 185
2.4.1. Une étude stationnelle aux multiples enseignements.....	p. 185
2.4.2. Les scénarios du futur.....	p. 187
3. <i>Les représentations cartographiques de la dynamique</i>	p. 188
3.1. Essai de cartographie de l'occupation de la végétation et du milieu dans le massif dunaire de Berck-Merlimont.....	p. 188

3.2. Commentaire des calques d'interprétation.....	p. 191
B. L'approche temporelle	p. 194
1. <i>Les variations climatiques et bioclimatiques</i>	p. 194
1.1. Paramètres bioclimatiques et indices fondés sur les bilans hydriques des sols.....	p. 194
1.2. Variabilité interannuelle de la sécheresse au Touquet-Paris-Plage.....	p. 195
1.2.1. L'évolution décennale (1983-1992).....	p. 195
1.2.2. Une succession d'années sèches.....	p. 196
1.3. Crises et accidents climatiques.....	p. 197
1.3.1. L'exemple des gels sévères de l'hiver 1985.....	p. 197
1.3.2. Des cycles courts aux effets pervers.....	p. 198
2. <i>L'évolution des pratiques humaines</i>	p. 199
2.1. Une mainmise croissante de l'homme sur les dunes et les milieux forestiers.....	p. 199
2.1.1. Attractivité croissante et conflits d'utilisation de l'espace dans les dunes et les forêts littorales.....	p. 199
2.1.2. Une protection du littoral renforcée.....	p. 200
2.2. Aménagement et gestion forestière.....	p. 203
2.2.1. Les forêts domaniales.....	p. 203
2.2.2. Les forêts privées.....	p. 204
2.2.3. La Réserve Biologique Domaniale de Merlimont.....	p. 206
3. <i>Conclusion: Des séquences évolutives très courtes et des objectifs souvent réorientés</i>	p. 207
 CONCLUSION GENERALE.....	 p. 209
 Références bibliographiques.....	 p. 214

INTRODUCTION GENERALE

Les milieux « naturels » du littoral, menacés par l'urbanisation et l'emprise des activités humaines, se réduisent à une peau de chagrin. La création du Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres il y a plus de vingt ans fait enfin prendre conscience au grand public de leur rareté et surtout leur préciosité.

Amalgame de sable, d'eau et de végétation, les milieux dunaires constituent pour le naturaliste d'authentiques joyaux botaniques et pour le géographe un géosystème de tout premier plan; ils conservent encore en termes de richesse biologique et de valeur patrimoniale un intérêt indéniable.

Le littoral Nord-Pas-de-Calais-Picardie, bas et rectiligne, est baigné par les eaux de la Manche entre Boulogne-sur-mer et la baie de Somme (fig. 1). Ce littoral est ourlé par une frange dunaire, large de plusieurs kilomètres, seulement interrompue par les échancrures que constituent successivement la baie de Canche, la baie d'Authie et la baie de Somme (fig. 2)

Entre Equihen-Plage et l'estuaire de la Canche, l'absence de falaise littorale a permis aux bancs de sable de former des dunes qui se sont étendues vers l'intérieur des terres; ces dunes, longtemps nomades et « poussées par le vent », ont même pu venir se plaquer contre les coteaux crayeux qu'elles ont fossilisés en partie comme au nord d'Étaples ou au mont St-Frieux (151 m).

Entre Canche et Authie, dont les lits ont été pendant longtemps aussi changeants que les cordons dunaires, les dunes se sont déployées jusqu'aux Bas-Champs du Pas-de-Calais, zone de marais arrière-littoraux limitée par l'isohypse 5 m et située à environ 5 km de la côte. Ces marais, aujourd'hui totalement annexés par les chasseurs, ont été asséchés dès le Haut Moyen Age. Plus à l'est, on retrouve les coteaux crayeux correspondant à une ligne de falaises mortes (paléofalaises holocènes).

Entre les deux baies, les formes du système dunaire s'ordonnent selon une direction méridienne. Trois grandes unités se détachent: un cordon dunaire externe (10-30 m) constitué d'un complexe de dunes et de panes ¹ de dimensions réduites; une plaine sableuse humide (10-15 m) encore appelée dépression interdunaire au fonctionnement hydrogéologique complexe commandé par une nappe dunaire libre souvent très proche de la surface topographique ²; enfin un cordon dunaire interne plus ancien et légèrement plus élevé que le précédent. La dépression centrale est occupée par des panes de tailles variables, de petite extension (dizaine de m²) comme au Touquet-Paris-Plage ou couvrant au contraire des superficies beaucoup plus importantes (plusieurs centaines d'ares) tel le site

¹ Les panes désignent des dépressions humides dans les dunes.

² Il existe en fait deux aquifères relativement indépendants et superposés, la nappe libre perchée des dunes et la nappe semi-captive de la craie (LOUCHE *et al.*, 1995; MANIA *et al.*, 1977; QUENTON, 1992). Les précipitations hivernales et printanières permettent l'alimentation de la nappe des dunes (*infra*, chapitre VII, A / 2.).

de la Réserve Biologique Domaniale de Merlimont dont il sera beaucoup question par la suite (figs. 3 A et 3 B).

Au sud de l'Authie, on retrouve des massifs dunaires avec toujours ce double cordon et les orientations méridiennes. Mais les panes se font plus discrètes et les formes sont plus confuses. A l'est, on trouve les Bas-Champs du Marquenterre qui prolongent ceux du Pas-de-Calais. La côte picarde déroule ses dunes jusqu'à la vaste échancrure de la Somme. Cette dernière, occupant quelque 70 km², marque la limite d'extension des dunes littorales. Au sud de la baie, un cordon littoral en galets relie la pointe du Hourdel aux falaises d'Ault et de Mers qui appartiennent déjà, par leur formation géologique, au pays de Caux et à la Normandie.

Dans cette large écharpe de dune, de plus de 70 km de long, quelle est aujourd'hui la nature de la végétation ? Quelle est la place tenue par les forêts littorales ?

Le promeneur qui parcourt de manière quelque peu attentive les dunes s'aperçoit sans difficultés de la diversité des groupements végétaux. Il perçoit sans trop d'embarras l'opposition fondamentale entre xérosère et hygrosère et la zonation de la végétation depuis la dune à oyat jusqu'à la forêt littorale. Au gré des cheminements, il rencontre les pelouses rases à cryptogames de la xérosère, se frotte aux piquants des fourrés d'argousiers ou découvre l'exceptionnelle richesse biologique des panes humides. Finalement, le regard du non spécialiste est celui d'une végétation naturelle, sauvage, qui tend à le réconcilier avec la nature. Mais cette impression correspond-elle à la réalité ? Le biogéographe en a-t-il la même vision ?

Tout d'abord la zonation ouest-est appréhendée au départ et qui répond à un gradient climatique ne se reproduit pas à l'identique d'un système dunaire à un autre. Des inversions dans l'ordre de l'arrivée des groupements sont possibles. La zonation est souvent tronquée, altérée et peut même disparaître en cas de trop forte pression anthropozoogène. En outre, même si les caractères de naturalité de la flore littorale ne peuvent être niés, les artéfacts sont trop fréquents pour que l'on puisse parler exclusivement de végétation naturelle. La pression humaine, très précoce sur le littoral, a incontestablement joué un rôle dans l'origine et/ou l'évolution de la végétation.

Ce simple constat se vérifie en forêt. En effet, en parcourant les forêts dunaires, on y rencontre toujours la main de l'homme. La structure en bas taillis modelé par les vents de mer n'est pas toujours de règle. Les morphologies végétales, irrégulières, indentées, alternent avec les agencements stéréotypés. Par ailleurs, l'examen de la strate de phanérophtes montre un fort contingent de plantes régionales mais soulève la question de l'indigénat de certaines essences. Les feuillus et les résineux des forêts psammophiles n'ont pas les mêmes appartenances phytogéographiques. Les pins maritimes ou laricios rencontrés fréquemment dans nos dunes sont éloignés de leur aire climatique.

La proximité de la mer et les facteurs qui lui sont associés (vent, sel, sable), pourtant si pesants sur le littoral, et à l'origine d'une forte pression de sélection, n'expliquent pas tout: **la flore est aussi sélectionnée par l'homme.** Les pins que l'on qualifie souvent d'essences exotiques ont été introduits volontairement.

En consultant la carte forestière des départements du Nord et du Pas-de-Calais réalisée à partir de l'inventaire forestier national, il est facile de s'apercevoir de l'importance des résineux et notamment le long du front de mer entre Equihen-Plage et Le Touquet-Paris-Plage ¹. Même si la carte nous écarte de la réalité du terrain car les distributions spatiales sont établies selon des critères statistiques et économiques, le premier rang est occupé par la classe « Futaies de conifères purs ou mélangés ».

Si les formations résineuses s'étendent sur une grande partie de nos dunes littorales, il faut en connaître les raisons. Quelles sont les causes et les étapes de l'enrésinement ?

La dialectique homme/nature suscite d'autres interrogations. L'homme a-t-il accéléré une dynamique qui bloquait le développement naturel des arbres ? Y a-t-il eu création *ex nihilo* de massifs forestiers ? Les paysages forestiers actuels sont-ils issus des actions combinées des conditions de milieu et des initiatives humaines ? Obtenir des réponses à toutes ces questions n'est possible qu'en recadrant les dunes et les espaces dunaires dans une perspective historique. L'Histoire a rendez-vous avec la Nature. Les milieux forestiers doivent être replacés dans l'espace et dans le temps.

Le choix de l'intitulé « **dynamique des milieux forestiers** » ne doit pas masquer les autres concepts de la géographie que sont l'espace ou le territoire. D'ailleurs, l'expression « milieux forestiers » aura dans mon travail une connotation non restrictive.

La région d'étude n'est pas le Nord au sens administratif du terme mais une aire géographique ne démarrant qu'au sud de Boulogne-sur-mer et étendue au-delà des frontières du Nord-Pas-de-Calais. Comprenant deux départements (Pas-de-Calais et Somme), elle est en fait délimitée par l'extension des dunes littorales. La logique géographique est donc une logique géomorphologique et les forêts littorales étudiées seront donc exclusivement des **forêts dunaires**.

La première partie de ma thèse expose la problématique d'ensemble de mes recherches et présente les bases méthodologiques de mon travail. De l'observation de la végétation actuelle naîtront un certain nombre de questions.

Le **va-et-vient histoire/géographie** et le **changement constant d'échelle** seront les deux préoccupations autour desquelles mes recherches pourront s'articuler.

La seconde partie s'inscrit dans la **longue durée historique**. Les paysages dunaires et végétaux seront étudiés à petite échelle; le but sera d'en saisir les caractéristiques principales et les modifications consécutives aux variations du littoral, aux changements climatiques et aux actions multiséculaires des hommes. Variables naturalistes et historiques seront combinées. Le passé ne sera pas limité arbitrairement à quelques siècles; ainsi pourra être sollicitée l'aide de la stratigraphie, de l'archéologie ou de la palynologie.

Par ailleurs, pour proposer des séquences évolutives, les sources d'archives doivent être intégrées dans une étude diachronique consacrée au littoral dunaire. Textes ou cartes

¹ Carte au 1/200000 éditée par le Ministère de l'Agriculture (Direction des Forêts) et publiée en 1988 dans le cadre des résultats du 2^{ème} inventaire forestier.

anciennes témoignent de l'action pluriséculaire des hommes, de leurs travaux incessants pour lutter contre les éléments (vent, sable) et surtout de leurs efforts pour boiser ces milieux dunaires longtemps restés hostiles à toute mise en valeur.

Mais retracer l'évolution de la couverture végétale dans ces milieux n'est pas chose facile car les données historiques sont malheureusement **lacunaires**, elles permettent d'étudier l'évolution du milieu dans sa globalité sans réellement percevoir les tendances dynamiques de la végétation.

C'est à partir de 1940, grâce à la photographie aérienne, que l'on a le moyen de suivre plus finement la dynamique de la végétation forestière: nous avons ainsi des informations locales tout en gardant la possibilité d'avoir une vision globale sur l'ensemble d'un massif.

Les photographies aériennes seront donc exploitées dans la troisième partie de mon travail pour apprécier les modifications des paysages dunaires dans la moyenne durée.

Enfin, nous pourrons tirer parti de l'imagerie satellitale afin de parachever ce long cheminement historique et d'utiliser tous les outils mis à notre disposition. La formation du paysage dans le temps s'est concrétisée dans l'espace par l'apparition de formes et de structures dont l'agencement ressort en général clairement sur les images. Celles-ci sont donc une aide précieuse pour la **perception spatiale** des forêts littorales.

Dans la dernière partie, il y aura changement de cap et d'objectif: la dynamique de la végétation sera appréhendée dans le **temps court** et sur le **terrain**.

En une vingtaine d'années, les aléas climatiques, les conflits d'usage et les méthodes de gestion ont remodelé les paysages dunaires. Toutes ces données, qu'elles soient naturelles ou anthropiques, sont responsables des évolutions récentes enregistrées dans les forêts littorales.

Sur le plan végétal, nous verrons que les schémas **linéaires** classiques ne peuvent rendre compte de la complexité des dynamiques spatiales actuelles, liées à l'**autoécologie** des essences. La lecture dynamique des lisières montre aujourd'hui l'évolution régressive des résineux introduits par l'homme face aux feuillus, qui progressent selon diverses formes de conquête spatiale (dynamique **externe**) et d'agencements structuraux (dynamique **interne**). Le secteur test de Merlimont a été choisi comme laboratoire d'étude de la dynamique de la végétation forestière, dont le caractère climacique, terme ultime de l'évolution vers la forêt naturelle, devra être discuté.

PREMIERE PARTIE

Problématique d'ensemble et
présentation des méthodes de
travail

C hapitre I. UNE ETUDE DE BIOGEOGRAPHIE GEOGRAPHIQUE ET HISTORIQUE

« La Biogéographie des géographes français diffère quelque peu de la biogéographie traditionnelle des naturalistes. Elle est davantage ouverte en direction du milieu physique et en direction de l'homme » (ROUGERIE, 1996 b, p. 159).

A. LES DIFFERENTES BIOGEOGRAPHIES: UNE SOURCE DE CONFLIT OU DE COMPLEMENTARITE ?

1. De la biogéographie évolutive à la biogéographie historique

La biogéographie « historique » explicitée par J.Blondel (1986) est en fait une **biogéographie évolutive** qui s'inscrit dans la longue durée des temps géologiques (plusieurs centaines de milliers d'années) et sur de vastes espaces, le plus souvent continentaux.

L'auteur s'enferme dans une approche strictement naturaliste en étudiant les changements subis au cours des temps anciens par les lignées animales et végétales, il évacue l'homme et « *l'échelle historique des processus interassociatifs* » (changements des milieux forestiers dus aux perturbations spontanées et surtout aux traitements humains) (DUBOIS, 1996, p. 254).

La **biogéographie historique** de J.J.Dubois (DUBOIS, 1975, 1989, 1991, 1992, 1996) ne relève pas des mêmes niveaux de perception et des mêmes objectifs.

La forte anthropisation des paysages végétaux actuels est le point de départ et amène obligatoirement à changer d'optique, à « *lire les paysages forestiers autant dans une perspective archéologique que dans une perspective écologique* » (DUBOIS, 1996, p. 254).

Il ne s'agit pas d'écarter totalement les méthodes naturalistes. Les techniques d'archéologie du paysage (paléopédologie, phytoécologie, palynologie, anthracologie...) sont une aide pour la longue durée historique (variations pluriséculaires). La palynologie, bien que limitée dans l'espace et dans le temps, nous donne une description des cortèges floristiques des siècles passés.

Pour une durée plus courte (quelques siècles), l'analyse **régressive** peut être utilisée; les sources d'archives, les cartes anciennes, permettent de déceler des héritages et de composer des séquences évolutives. L'histoire des faits humains et des différents modes d'humanisation du milieu est fondamentale; le biogéographe y puise des éléments d'informations lui permettant d'en déduire des schémas d'évolution.

Le champ de recherche de la biogéographie est considérable et côtoie d'autres sciences aux finalités différentes (écologie, sciences sociales, ethnologie, ethnobotanique¹...). Le biogéographe ne doit pas écarter ces disciplines aux concepts et aux fondements différents; à l'inverse il ne doit pas se lancer à corps perdu dans chacune de ces sciences au risque de mener des recherches infructueuses sans aucune problématique. Le biogéographe est sollicité, tirillé de tout côté. Mais, au centre de ses réflexions, se retrouve toujours la trilogie **Nature, Homme et Société**.

2. Une discipline à l'interface de la Nature et de la Société

La biogéographie est aussi **géographique**; elle s'intéresse à « l'épaisseur » du temps et aux hommes mais n'oublie pas l'espace et son attribut le paysage.

Il existe une infinité de façons d'aborder le paysage (BOULAIN, 1992; GEHU, 1988 a et d; JOLY, 1987; LEFEUVRE *et al.*, 1988; PITTE, 1983 et 1992; QUILLIET, 1991).

Malgré la polysémie du terme, le paysage, et ce qu'il renferme, introduit une dimension **socio-culturelle** à l'espace géographique (BERQUE, 1992; BOMER, 1990 et 1994; FRIEDBERG, 1992 a; JOLLIVET, 1992; LEFORT, 1993; MARCHAND, 1996; ROBIC, 1992; TISSIER, 1996; WIEBER, 1987). S'il est profondément marqué par le « naturel » et la Nature, il l'est encore plus par le « social » et la Société.

Le paysage est décrit et ressenti de différentes manières. Il fait appel au domaine du **subjectif**, à la **culture** et à la **sensibilité** de chacun.

Une biogéographie globale des milieux forestiers ne doit pas ignorer la réalité sociale du paysage, c'est-à-dire son vécu et sa projection sociale ou individuelle qui dépendent avant tout de la représentation que l'on se fait du territoire. Il faut analyser le paysage comme on étudie un milieu mais également l'aborder indirectement à travers son vécu, ses connotations et ses représentations mentales: un chasseur, un forestier ou un naturaliste ne conçoivent pas le milieu et ne se représentent pas la nature de la même manière.

L'analyse d'un paysage consiste tout naturellement à regrouper, hiérarchiser et analyser dans leur fonctionnement systémique toutes les données géographiques. Point de passage obligé dans une réflexion biogéographique, il permet d'appréhender un des concepts centraux de la géographie physique française: le **géosystème**.

¹ Ethnobotanique: terme créé par B. De Foucault (1992).

B. LA COMPLEXITE DE LA COMBINAISON BIOGEOGRAPHIQUE: LE CONCEPT DE GEOSYSTEME

L'objet de notre travail n'est pas de juxtaposer des études thématiques ou sectorielles mais au contraire d'intégrer différentes approches autour d'un projet commun et d'une problématique précise: saisir la **dynamique des milieux forestiers du littoral du Nord de la France**, à des échelles spatiales variées et suivant des durées variables. Une telle problématique nous a évidemment poussés à adopter une démarche systémique. Mais quel concept est le plus à même de s'inscrire dans cette démarche ?

1. Une démarche systémique

Un système est composé d'éléments reliés par des interactions; ces éléments biotiques, abiotiques ou anthropiques peuvent librement jouer les uns sur les autres. La plupart des chercheurs s'intéressant à la végétation et aux milieux de vie adhèrent à la démarche systémique (GODART *et al.*, 1992; MAINGUET, 1984; PICON, 1992). Mais sous quel angle d'analyse cette démarche est-elle abordée ? Les chercheurs mettent-ils tous au même niveau les composantes du système ? L'homme a-t-il une place déterminante ?

Force est de constater les insuffisances du concept d'**écosystème**, concept biocentrique, dénué d'assise spatiale et marginalisant les aspects abiotiques de l'environnement. De plus, les naturalistes, usant de ce concept, étudient bien souvent la végétation à un instant t, s'interrogent peu sur les états antérieurs et donc ne proposent pas de séquences évolutives.

La biogéographie des géographes se démarque de cette approche purement naturaliste. Cette biogéographie, placée à la charnière des Sciences de la Nature et des Sciences de la Société, s'intéresse autant aux **sociétés humaines** qu'aux **paysages végétaux**. Ce sont ces sociétés qui nous livrent les clés d'interprétation des paysages actuels. Et comme « *la prise en compte des faits humains impose le recours à l'histoire* » (HOUZARD *et al.*, 1988, p. 15), il paraît clair de compléter l'approche naturaliste par une ouverture en direction de l'histoire. Le poids des facteurs historiques n'est pas excessif d'autant plus que les entrées naturelles (sol, végétation) sont souvent un héritage des actions humaines (cf profil de sol, végétation artificielle).

En outre, pour le géographe, le **biotope** a autant d'importance que la biocénose. Nos préoccupations ne sont pas exclusivement biologiques. La vision systémique impose de ne jamais considérer le végétal isolément; la prise en compte des modes d'organisation et surtout des interrelations entre les éléments du système (interactions, rétroactions) ¹ est

¹ Les interactions peuvent être cumulatives (deux facteurs ont le même effet) ou contradictoires (interaction négative ou deux facteurs aux effets antagonistes) (BRUNET, 1967).

fondamentale. De même, il ne s'agit pas d'étudier la végétation pour elle-même mais plutôt de l'envisager dans un complexe où sont en interaction le milieu, l'espace et la société.

L'homme ne doit donc pas être exclu de la combinaison biogéographique d'autant plus que c'est souvent le moteur de l'évolution. Éléments physiques, biologiques et humains sont étroitement liés et réagissent dialectiquement les uns aux autres pour former des « unités de paysage » **emboîtées et hiérarchisées**. Les interactions entre les éléments et ce besoin d'un support spatial répondent bien au concept de **géosystème**. Nos recherches graviteront autour de ce concept fondamental de la géographie physique théorisé par G. Bertrand dès 1968.

2. Classification dimensionnelle et emboîtement d'échelles

L'approche géosystémique est adoptée par la plupart des biogéographes français (ARNOULD, 1994 a; BERTRAND, 1966 et 1986; BRAQUE, 1990; CLEMENT, 1991; DUBOIS, 1989; HOTYAT, 1990 ; HOTYAT *et al.*, 1996; HUSSON, 1995; PALIERNE, 1975; ROUGERIE, 1983, 1988, 1992, 1996 a).

Les terminologies varient selon l'objet d'étude mais, pour la compréhension transscalaire et multiscale de l'espace, nous retrouvons toujours les trois échelles emboîtées d'organisation.

Géosystème, géofaciès et géotope définissent des portions d'espaces directement perceptibles sur le terrain et caractérisées par une dimension, une physionomie, un fonctionnement et une dynamique (BARRUE-PASTOR *et al.*, 1992 a et b; BEROUTCHACHVILI *et al.*, 1991; BRUNET *et al.*, 1992; DAVY *et al.*, 1996; DEMANGEOT, 1984; DERRUAU, 1996 a; FAYE *et al.*, 1975; FERRAS, 1992; FERRAS *et al.*, 1993; SCHEIBLING, 1995).

Le **géosystème** s'étend sur plusieurs km², c'est l'unité fonctionnelle et compréhensible de l'espace géographique (PINCHEMEL, P & G, 1995; RICHARD, 1975). Il s'inscrit dans un cadre régional et exprime une combinaison et une dynamique particulière liée aux éléments du milieu physique, à la nature de la végétation et au régime juridique de propriété.

Au rang inférieur se trouve le **géofaciès**, ensemble physionomique homogène de dimension hectométrique à décamétrique, comparable à la station des phytoécologues ou au peuplement du forestier. Le géofaciès est l'unité de base de la cartographie à grande échelle; il est défini par une position topographique, une formation superficielle et un sol, un bioclimat stationnel, un ensemble floristique et des formes d'intervention humaine actuelles et passées. Les géofaciès sont semi-naturels lorsque les conditions de milieu sont prépondérantes dans leur constitution; à l'opposé, ils sont artificiels lorsqu'ils dérivent de pratiques humaines anciennes (et/ou encore actuelles).

Enfin, le dernier échelon est représenté par le **géotope**, unité ponctuelle et fraction constitutive du géofaciès; le géotope est la plus petite unité géographique isolable et discernable sur le terrain (m² à quelques m²).

Au géosystème peut correspondre un système dunaire avec ses cordons.

Ce géosystème regroupe des géofaciès tous interdépendants dans leur dynamique. La photographie aérienne est une aide précieuse pour la reconnaissance et la délimitation des géofaciès.

Au géotope est associé un microclimat, une essence d'arbre, une forme de modelé mineure (par exemple, une caoudeyre, un siffle-vent dans les dunes). A ce niveau d'analyse, la très grande échelle ¹ permet à l'écologie de rejoindre la géographie ². Seul le terrain est apte à déceler des géotopes. En biogéographie, l'unité végétale à prendre en considération n'est plus la communauté ou la formation végétale mais l'individu en tant que tel: l'**autoécologie** est rendue indispensable. La morphologie d'un arbre, son comportement, ses stratégies de conquête du milieu constituent des bio-indicateurs au même titre que les grands ensembles végétaux. Même si le géotope est placé à un niveau scalaire inférieur dans l'analyse spatiale, sa reconnaissance peut être fondamentale dans des milieux dunaires très sensibles aux microparamètres et où les contrastes sont très marqués, et cela pour de faibles voire de très faibles unités de distance ou de durée.

A partir de cette classification dimensionnelle des unités de paysage, l'analyse spatiale et structurale devient plus précise et plus aisée. Cette approche **qualitative et structuraliste** de classification en unités taxonomiques emboîtées se différencie nettement de celle des biologistes qui se tournent davantage vers des démarches quantitatives (flux d'énergie, étude des processus et des fonctionnements) (BERDOULAY *et al.*, 1991; BLANDIN, 1992).

Si l'élément végétal sera privilégié dans l'analyse géosystémique, il ne devra pas masquer les autres composantes du milieu physique que sont la microtopographie, le sol ou le microclimat. D'ailleurs, dans les dunes, la végétation est sous la dépendance des paramètres écologiques, le vent et le sable pour la xérosère, l'eau pour l'hygrosère.

Le **sylvosystème** (HOUZARD, 1985 et 1991) représente la transposition en forêt du concept de géosystème.

Nous avons choisi le géofaciès plutôt que le sylvofaciès car ce dernier est plus restrictif et ne renvoie qu'à la forêt. Les géofaciès sont forestiers, pré-forestiers, extra-forestiers. Cette dichotomie scalaire est plus commode pour les réalisations cartographiques. Dans une forêt dunaire, les traitements sylvicoles ne sont pas toujours appliqués et la canopée est fréquemment entrouverte par des clairières d'origine naturelle ou non; des artéfacts sont possibles tout comme la réapparition ponctuelle d'une plage de sable nu ou d'ensembles végétaux qui ne devraient pas avoir leur place en forêt (dune à oyat, fourrés). Aussi, pour traiter de cette « mosaïque paysagère », géofaciès et géotopes me paraissent plus adaptés.

De plus, représenter la forêt en tant que telle n'a pas beaucoup d'intérêt pour la compréhension du géosystème dunaire. La forêt dunaire, quand elle existe, représente l'étape ultime de la gradation de la végétation. Elle est donc étroitement dépendante de l'évolution des premiers stades de cette gradation. Il existe une forte solidarité transverse entre les différents groupements végétaux et une intervention en situation pré-forestière se

¹ L'échelle d'observation des milieux de vie et des processus (cf sol).

² D'ailleurs écologie et géographie ne sont pas totalement antinomiques; quelques géographes ont tenté de mettre en rapport ces deux disciplines dans leurs approches (cf « écogéographie » de J. Tricart) (TRICART, 1994).

répercute inévitablement en forêt. La forêt ne doit donc pas être considérée isolément mais au contraire reliée aux autres géofaciès constitutifs du géosystème dunaire.

Un géosystème est combinatoire d'espaces mais aussi rencontre de plusieurs temporalités. Nous partageons la formule de H. Regnaud *et al.* selon laquelle « *une évolution est la substitution graduelle d'un géosystème à un autre tandis qu'une rupture est le remplacement brutal d'un géosystème par un autre. Chaque géosystème a une durée nécessaire à la réalisation de son équilibre* » (REGNAULD *et al.*, 1994, p. 353).

Les changements d'états du géosystème sont commandés par des rythmes, des seuils et différentes « formes de temporalités » dont il sera question par la suite. Toutes les composantes du milieu « naturel » n'évoluent pas à la même vitesse¹. Le but de notre travail sera aussi de donner des **séquences évolutives** et d'arriver à une reconstitution de l'enchaînement historique des géosystèmes dunaires.

¹ Par exemple, la composante biotique évolue plus rapidement que la composante abiotique minérale.

C

hapitre II. UNE ETUDE DE LA DYNAMIQUE

Une étude dynamique met en relation les changements et les forces qui les provoquent. Ces forces sont de différente nature et sous la dépendance des conditions de milieux et des initiatives humaines.

A. UNE DYNAMIQUE NATURELLE BLOQUEE ?

1. Des dunes à l'origine de deux concepts clés de l'écologie du XX ème siècle: succession végétale et climax

Ce sont les systèmes dunaires qui ont bénéficié les premiers des études sur les successions végétales *primaires*. Celles-ci expriment la dynamique de colonisation du milieu, par les êtres vivants, à partir d'un espace où le substrat est au départ à nu; le milieu se modifie avec le temps en relation avec les changements de la végétation (DROUIN, 1994; LEPART *et al.*, 1983). Aux successions primaires s'opposent les successions végétales *secondaires* qui expriment le processus de reconstitution de la végétation après destruction totale ou partielle d'une communauté végétale préexistante.

Les dunes sont aussi les premières à avoir alimenté les discussions sur le concept de **climax**.

Dans son étude sur la végétation des dunes du lac Michigan parue en 1899, H.C. Cowles parle déjà de climax et le définit comme l'aboutissement d'une gradation, le point culminant d'un processus évolutif. Quelques années plus tard, F.E. Clements théorise ce concept dans sa célèbre publication de 1916 « Plant succession ».

Selon Clements, l'installation des premières espèces (dites pionnières) provoque une « réaction » du milieu qui est favorable à l'installation de nouvelles espèces; les plantes ou communautés de plantes se succèdent et convergent vers un climax unique, « état final » déterminé par le climat régional ¹. Avec le temps, cette théorie climacique s'est heurtée à des difficultés d'application; ces remises en question, tenant à ses dimensions spatiales et temporelles et à la prise en compte ou non de l'homme dans sa réalisation, ont été multiples.

¹ Les différentes étapes (ou stades) aboutissant au climax ou en dérivant forment une série de végétation. On parle de dynamique progressive lorsque la végétation se rapproche du climax et de dynamique régressive lorsqu'elle s'en éloigne.

Le climax n'est pas exactement synonyme de végétation potentielle, notion plus fine et purement phytosociologique apparue beaucoup plus récemment (GEHU, 1979 et 1980 a).

La végétation potentielle naturelle d'aujourd'hui est celle qui viendrait spontanément en l'absence d'intervention humaine selon des conditions de sol et de climat déterminées. Elle est toujours définie par des combinaisons statistiques d'ensembles floristiques.

Ces précisions étant faites, nous pouvons désormais utiliser ces deux notions de climax et de potentialité pour définir un peu plus clairement les tendances évolutives de la végétation des dunes littorales.

Chacun sait que les groupements végétaux des dunes ne forment pas des états infiniment stables, ils se transforment, se succèdent. La végétation évolue. Mais jusqu'à quel point cette évolution va-t-elle ? A-t-on défini une végétation climacique dans les dunes ?

2. La zonation actuelle de la végétation dunaire

Dans les dunes du Nord de la France, les zonations linéaires des groupements végétaux ont été décrites par les botanistes et phytosociologues (BOULLET, 1992; BOURNERIAS *et al.*, 1983; DE FOUCAULT, 1986; DELELIS-DUSOLLIER, 1974 a et b; GEHU, 1985, 1987 b et c, 1989, 1993; GEHU *et al.*, 1960 a et b, 1964, 1971 a, 1977, 1982 a et b, 1985 b; GULDEMONT *et al.*, 1950; JULVE, 1985 a; MEESEMAACKER, 1989; MERIAUX *et al.*, 1985; VAN DEN BERGHEN, 1964 a, b, c, d, 1969, 1975).

La zonation commence avec les thérophytes halonitrophiles du haut de plage (*Atriplex*, *Cakile maritima*, *Salsola kali*), se poursuit par la dune embryonnaire (*Elymus farctus*) et la dune blanche et mobile (*Euphorbio-Ammophiletum arenariae*, *Euphorbio-Festucetum arenariae*). Puis viennent la dune à mousse et lichen¹ (*Phleo-Tortuletum*) et les fourrés (*Sambuco-Hippophaetum rhamnoidis*, *Hippophaeo-Ligustretum vulgaris*) dont la composition floristique s'enrichit avec l'éloignement de la mer.

Cette zonation, très schématique², est interrompue çà et là par des dépressions humides ou par des dunes mobiles ravivées par la déflation éolienne et coiffées souvent par l'*Ammophiletum* secondaire.

¹ Si les lapins exercent fortement leur action, les fourrés peuvent s'altérer et donner des pelouses rases à graminées et à cryptogames bryo-lichéniques.

² Des données floristiques et phytosociologiques supplémentaires concernant ces zonations seront fournies dans la quatrième partie (*infra*, chapitre VIII, A.).

En fait, les zonations présentées dans les ouvrages de vulgarisation ou dans les articles scientifiques ne représentent que des modèles théoriques. En effet, la végétation littorale est azonale, atypique, les groupements sont souvent liés à des situations particulières, parfois édaphiques (hydromorphie des sols) ou microtopographiques. C'est bien souvent la microtopographie qui modifie l'ordonnance créée par le vent.

Par ailleurs, les zonations diffèrent en fonction du lieu où on se trouve, mais, fondamentalement, l'*hygrosère* dunale se développant dans des zones déprimées, humides ou même inondables, se distingue toujours de la *xérosère* où la nappe d'eau douce n'affleure pas.

Une dynamique pré-forestière s'observe rapidement, les arbustes conquièrent le milieu grâce à l'action des oiseaux frugivores qui disséminent leurs semences. En outre, grâce à la fixation symbiotique de l'azote, l'argousier améliore la qualité biologique du sol et prépare la venue d'espèces plus exigeantes. Cet enrichissement se concrétise par l'arrivée des pré-forestières avec, entre autres, l'aubépine (*Crataegus monogyna*), le nerprun purgatif (*Rhamnus catharticus*), les saules (*Salix repens ssp argentea*, *Salix cinerea*...). Au fur et à mesure que la distance à la mer s'accroît, la végétation se structure et augmente de hauteur, mais l'ambiance littorale reste toutefois hostile aux arbres qui présentent fréquemment des adaptations morphologiques.

Sur le littoral, les arbres sont soumis à d'importantes contraintes mécaniques (vent) et physiologiques (évapotranspiration). L'arbre apparaît quand le vent, l'exposition et l'humidité (du sol) cumulent leurs influences pour permettre la croissance des tiges. Peu d'espèces arborescentes arrivent à pousser spontanément dans les dunes. La plupart d'entre elles appartiennent aux familles des *Salicacées* (tremble, saules) ou des *Bétulacées* (bouleaux); ce sont des espèces pionnières mésophanérophytes aptes à coloniser des milieux ouverts, perturbés et instables. Ces feuillus sont capables de s'approcher très près de l'estran lorsque les conditions microtopographiques s'y prêtent: aulnes, saules et bouleaux poussent en situation d'abri dans les creux dunaires, individuellement, ou sous forme de bas taillis anémomorphosés¹.

Ces premiers arbres, soumis à la violence des vents, s'accrochent et ne sont pas encore capables de former un front de colonisation continu; ils apparaissent rabougris, tordus et très peu élevés, mais leur présence suffit pour assurer un début de protection à ceux qui viennent en seconde ligne.

La zonation débute donc avec des groupements végétaux spécifiquement **littoraux** pour se terminer avec des arbustes et des arbres de type « **continentaux** ».

La dynamique naturelle s'arrête-t-elle à ce stade ? Le climax est-il de nature pré-forestière ?

3. La végétation des dunes littorales: une potentialité pré-forestière ?

La potentialité du passé, c'est-à-dire celle d'avant les grandes interventions humaines, permettait-elle la réalisation de la forêt dunaire ?

Il paraît difficile de présenter une argumentation sur ce sujet, quelques tentatives de réponse seront néanmoins fournies dans la seconde partie avec les diagrammes palynologiques (*infra*, chapitre III, C.).

¹ Toutes ces espèces viennent particulièrement bien dans les pannes (MASSART, 1903; HOCQUETTE, 1927).

D'après la carte de la végétation potentielle actuelle du Nord de la France établie au 1/250000 en 1978, les dunes abritent une végétation littorale spécialisée à potentialités extra ou pré-forestières ¹ (fig. 4).

L'ambiance littorale et les contraintes écologiques sont trop dures pour permettre la réalisation forestière; comme le signale J.M. Géhu, la dynamique végétale s'arrête souvent à un stade pré-forestier qui constitue alors ce que l'on nomme un « *groupement végétal spécialisé* » (GEHU, 1980 a, p. 12).

Pour les mêmes raisons, M.Hocquette, auteur d'une thèse sur la végétation littorale de la mer du Nord de Nieuport à Sangatte, n'envisage même pas d'employer le terme de climax: « *une série psammophile dunale, étant donnée l'évolution toujours troublée de ses associations, ne peut aboutir à un climax. Les associations des dunes évoluent sans cesse, se succèdent lentement ou rapidement au même point* » (HOCQUETTE, 1927, p. 159).

Il semble que le littoral du Nord de la France se dissocie des autres littoraux français. Pour J.M.Géhu, « *la position en latitude augmente ou atténue le blocage dynamique de la végétation. La forêt littorale fréquente au sud de la Loire ² est exceptionnelle au nord* » (GEHU, 1971 a, p. 64).

C. Van Den Berghen ne partage pas tout à fait le même avis. Ses observations en bordure des côtes européennes l'ont conduit à penser que « *l'évolution progressive de la végétation des dunes littorales fixées aboutit, dans toute l'Europe occidentale, au développement de fourrés et ensuite de forêts sur les parcelles où le sol peut mûrir spontanément* » (VAN DEN BERGHEN, 1964 b, p. 258). Sur les dunes de la xérosère les plus anciennes, C. Van Den Berghen estime que les fourrés denses épineux à argousier, troène vulgaire et sureau noir sont susceptibles d'être remplacés par des boqueteaux avec pour représentant le chêne pédonculé ou le bouleau. Dans les dépressions humides des dunes, le chercheur décrit des végétations de bas-marais. Si l'homme ne perturbe pas la dynamique naturelle, ces bas-marais s'assèchent, des buissons à base de saules (*Salix repens*, *Salix cinerea*, *Salix aurita*) envahissent les dépressions et le terme de l'évolution, dans les sites où elle peut être achevée, est une forêt littorale fraîche dont la strate arborescente est dominée par les frênes et les chênes.

De même, J.M.Géhu décrit, dans les dépressions humides suffisamment larges, des bas-marais ou des prairies humides colonisés progressivement par un taillis de bouleaux pubescents (*Betula pubescens* var. *coriacea*) ³.

Le site des dunes de Merlimont a servi de cadre à la désignation d'une association végétale, le « *Ligustro-Betuletum pubescentis* » ⁴, forêt arrière-littorale des dépressions humides des dunes à bouleaux et troènes. Cette association, décrite la première fois en 1978 (GEHU et

¹ Dans les dunes littorales, les zones potentiellement pré-forestières peuvent se situer sitôt au-delà des ceintures d'oyats (GEHU, 1985).

² Au sud de la Loire, la forêt dunaire potentielle autant qu'actuelle est une pinède maritime dont le sous-étage est dominé par le chêne vert ou le chêne liège (*Pino pinastri-Quercetum ilicis* ou *Pino-pinastri-Quercetum suberis*) (GEHU et al., 1984 b).

³ Taillis également mentionné dans la notice explicative de la carte de la végétation de la France (feuille n° 4, Lille).

⁴ Le « *Ligustro-Betuletum* » est remplacé par le « *Violo-Ulmetum* » (= Boqueteaux d'ormes) sur les sols non dépourvus d'éléments fins et colloïdaux (GEHU et al., 1982 a).

al., 1978), sert aujourd'hui de référence car elle représente le meilleur exemple de la dynamique forestière naturelle sur dune. Nous reviendrons dans la quatrième partie sur cette forêt que l'on a parfois qualifiée de « *dernière relique européenne de forêt arrière-littorale primitive* »¹ (DELELIS-DUSOLLIER *et al.*, 1980).

Bref, forêt littorale ou simple taillis pré-forestier, les avis divergent. Quoi qu'il en soit, la potentialité forestière n'est pas aussi développée qu'à l'intérieur des terres. Les conditions extrêmes de milieu représentent des facteurs limitants pour la végétation forestière.

Les pratiques humaines ont-elles pu supprimer ou masquer les potentialités pré-forestières (voire forestières) de l'arrière-dune ? Le blocage dynamique serait-il aussi de nature anthropique ? Ces questions nous amènent à étudier l'évolution de la nature des rapports entre le milieu dunaire et l'homme.

B. UNE DYNAMIQUE ANTHROPIQUE ESSENTIELLE

1. L'insertion de l'homme dans les paysages dunaires

Les sociétés humaines, soutenues par des aspirations variées, ont modelé les paysages dunaires. Avec le temps, les hommes ont créé des discontinuités de toutes sortes en recherchant à mettre en valeur légitimement les dunes.

Aujourd'hui, le littoral dunaire apparaît très morcelé, les dunes forment des espaces sans profondeur où se concentrent et se superposent des activités multiples, disparates.

Cet élan vers la nature, vers des espaces « naturels » à peu près vierges dénués de toute qualité intrinsèque, si ce n'est leur valeur biologique, a-t-il toujours existé ? L'homme a-t-il aménagé en plusieurs temps ? Voilà encore des interrogations qui mériteront que soient apportés des éclaircissements dans la suite de notre étude.

L'homme est un agent essentiel de l'évolution des couvertures végétales. Il n'est pas toujours facile de faire la part du naturel et de l'artificiel. En regardant actuellement la végétation et plus spécialement les **zones de contact** entre groupements végétaux, on y découvre un certain nombre d'indices et de signes attestant une intervention humaine.

Les espèces dominantes qui donnent leurs caractères aux unités du paysage végétal ne sont pas souvent celles qui correspondent aux potentialités précédemment évoquées. En effet, la

¹ L'emploi de ces qualificatifs et notamment du dernier adjectif « primitive » est sujet à caution. En effet, la notion de végétation primitive correspond à l'état de la végétation avant les interventions culturelles de l'homme (GEHU, 1980 a et 1991). Dans l'état actuel des recherches, on ne peut pas affirmer l'existence à coup sûr il y a 2 ou 3000 ans d'une bétulaie aussi développée que celle qui est actuellement présente sur le site de Merlimont.

présence d'une espèce dans les dunes n'est pas toujours le fruit d'une simple conquête spontanée du milieu. Des plantes ligneuses exposées sur des hauts de dune et face au vent à quelques centaines de mètres du rivage ne se sont pas installées naturellement. Il n'est pas rare de trouver des îlots de végétation totalement incongrus, des végétations bien éloignées de leur aire climatique. Des espèces introduites ont donc pu, grâce à leur capacité d'acclimatation, se développer et se reproduire.

L'analyse spatiale dévoile des **ruptures paysagères** sous la forme d'artéfacts ou de gradations factices. Certains agencements structuraux n'ont rien de naturel. Les étendues de dune qui s'offrent à la vue du chercheur mettent en évidence une réalité objective, des éléments concrets de paysage et soulignent des faits et des structures qui amènent à rechercher des explications fournies par l'histoire. Étudier la position, la structuration ou la composition floristique des constituants des écotones peut rebouter plus d'un naturaliste surtout s'il ne prend pas garde de recadrer ses observations dans un cadre historique.

Il est dangereux d'expliquer la distribution spatiale d'une essence avec la non-prise en compte du contexte temporel dans lequel s'est opéré le choix de la localisation. Comme l'a montré J.C. Rameau (1991 b), la présence et la dominance d'une essence dans un milieu est la résultante d'une double logique: logique **écologique** d'ordre spatial (dépendante des paramètres écologiques de la station) et logique **dynamique** d'ordre temporel (révélée par l'histoire).

L'ambiance littorale n'explique pas tout. Bien que la proximité marine ne soit pas favorable à leur présence, certaines espèces ligneuses viennent en position très avancée. Incontestablement, des lisières forestières ont été créées de toute pièce; il faudra s'interroger sur leur origine et le pourquoi de leur présence.

2. Un rôle souvent moteur dans la dynamique

La pression d'humanisation entraîne le croisement de dynamiques; évolutions progressives et régressives se mêlent.

L'homme peut soit **accompagner** la dynamique naturelle par des interventions légères, soit la **rompre** par ses pratiques et ses aménagements, soit l'**imiter** à sa manière en exécutant par exemple des coupes d'extraction pour simuler des chablis ou en pratiquant une sylviculture proche de la nature (futaie jardinée)¹. Il a enfin la possibilité de l'**accélérer** en raccourcissant la suite zonale d'une série et donc en supprimant des stades intermédiaires.

Nous verrons que les interventions humaines, ancestrales sur le littoral, ont eu des conséquences multiples avec des effets tantôt diversifiants, tantôt banalisants sur les écosystèmes dunaires.

¹ Futaie jardinée = Futaie où, dans chaque parcelle, existent toutes les classes d'âge.

L'immixtion humaine est brutale ou progressive et les effets sont immédiats ou différés. L'intervention n'est pas toujours directe: en laissant pâturer les dunes par les bovins, les hommes interviennent indirectement en provoquant une ségrégation des espèces. L'homme est un agent de la Biosphère au même titre que la faune: si les groupements végétaux de l'arrière-dune sont sous la dépendance de petits animaux déprédateurs (lapins), ils sont également sous l'influence de l'homme qui a très tôt généré des formes de paysages **ouverts**. Inversement, si les pressions anthropozoogènes (ou faunistiques) s'amenuisent, les tendances dynamiques naturelles peuvent se libérer à nouveau et c'est une dynamique de **fermeture** du milieu qui prend le relais, avec des phases d'expansion en noyaux et en nappes rapides et importantes, notamment au contact des lisières forestières (voir *infra*, chapitre IX, A / 1. & 2.). Cette dynamique secondaire de reconquête ne réaboutit pas forcément au paysage de départ (d'avant la perturbation); l'évolution est tronquée et les dynamiques végétales sont bien souvent déviées et réorientées.

Milieus humanisés puis « déshumanisés » ?; exacerbation puis relâchement de la pression anthropique ?

Les dunes sont-elles comparables aux marais continentaux dont la dynamique est régie par la succession de cycles abandon-appropriation (SAJALOLI, 1994) ?

Mainmise constante de l'homme ou alternance de déterminismes, physiques puis sociaux ?

Quoi qu'il en soit, les paysages dunaires actuels sont un compromis entre les données naturelles et le « façonné » humain. La végétation a dû s'adapter au cours du temps, et pour saisir le rôle des hommes dans sa réalisation actuelle, il est clair de conférer une **dimension historique** au géosystème dunaire et de mettre en place des méthodes de travail complémentaires à différentes échelles.

C. LES LEGS DU PASSE: LES DIFFERENTS PAS DE TEMPS ENVISAGES

La prise en compte d'une dynamique des éléments du milieu ainsi que du rôle des sociétés humaines dans les transformations paysagères, à des échelles temporelles variées, s'est progressivement réalisée.

1. Le temps long: le poids des facteurs naturels

Sur le plan végétal, l'évolution de longue durée s'appuie sur l'étude des variations pluriséculaires des genres et des espèces végétales dans l'espace et dans le temps; elle relève de la palynologie et de la paléoécologie (GALL, 1995; QUEZEL, 1984). Les marqueurs paléoécologiques que sont les pollens révèlent les potentialités naturelles du passé.

Dans la longue durée historique, l'évolution des paysages végétaux est étroitement dépendante de la **dynamique littorale**, des phases de transgressions et de régressions marines et des bilans érosion/sédimentation.

En privilégiant le temps long des processus et des évolutions et une approche à petite échelle des environnements littoraux, la dimension anthropique est souvent gommée ou n'apparaît qu'en filigrane (cf diagrammes palynologiques).

Le poids des facteurs naturels commande les transformations paysagères. Mais toutes les composantes du milieu physique n'évoluent pas à la même vitesse. Par exemple, le sol se modifie plus lentement que la végétation.

Le temps long est aussi le temps reproductible ¹ des biologistes ou phytosociologues habitués à utiliser les notions de cycles et de successions. Au cœur de ces notions se place le concept de climax dont les contenus et l'ambiguïté seront discutés au cours de notre travail. Dans les milieux dunaires, les cycles évoquent l'alternance, c'est-à-dire la succession répétée dans le temps d'éléments qui réapparaissent tour à tour dominants. Lorsque les conditions s'y prêtent (littorales et/ou climatiques), c'est l'inerte et donc le sable qui domine. Lorsqu'elles deviennent moins favorables au sable, c'est le vivant et donc la végétation qui prend le dessus.

Les cycles sédimentaires ou édapho-biologiques sont inscrits dans les diagrammes polliniques et dans les séquences lithostratigraphiques (paléosols). Nous verrons que les chercheurs néerlandais, très coutumiers de ce genre de raisonnement, ont réussi à bâtir une chronologie des systèmes dunaires qui reste une référence pour l'Europe du Nord-Ouest.

L'évolution de longue durée constitue le premier niveau de l'analyse biogéographique. Aujourd'hui le biogéographe s'ouvre davantage en direction de l'homme et comme le signale G. Rougerie, « *le géographe ajoute le temps de l'histoire à celui de l'évolution, qui est plus familier au biologiste: l'étude des forêts en est une bonne occasion* » (ROUGERIE, 1996 a, p. 93).

2. Le temps des hommes et du « vécu » ou l'histoire sociale des milieux dits « naturels »

Les paysages dunaires que l'on qualifie aujourd'hui « d'authentiquement naturels » représentent en fait un héritage dont la compréhension ne nous est donnée qu'en se référant au poids des facteurs anthropiques.

En effet, l'espace dunaire, tel qu'on peut le parcourir de nos jours, est un produit social façonné par de longues pratiques d'aménagement. De la même façon, les milieux forestiers du littoral sont le résultat d'une longue confrontation entre les contraintes naturelles et les interventions humaines.

¹ Ce qui est un non-sens car le temps est, par nature, irréversible.

Mais quelle place donner aux activités humaines dans les changements de la végétation ?

La réponse peut être donnée par l'histoire et plus précisément par le **temps « social »**, celui des groupes sociaux et de leurs évolutions dans la moyenne durée.

Les perceptions du littoral et les rapports que les hommes ont développés avec les dunes ont évolué avec le temps.

Pour comprendre les transformations de la végétation littorale, nous devons nous attacher à examiner les **causes** et les **conséquences** des actions humaines pluriséculaires sur les milieux dunaires. Le chapitre IV traitera de cet aspect en partie.

Longtemps qualifiées de sauvages et d'inaccessibles, les dunes faisaient peur, elles ne méritaient pas qu'on s'intéresse à elles et encore moins qu'on les protège. La situation s'inverse au cours des siècles; d'espace **vierge**, les dunes deviennent espace **support** puis espace **convoité**.

Le temps social est marqué par une longue adaptation de l'homme aux contraintes naturelles. Puis, brusquement, c'est la bifurcation, le changement de direction motivé par un moment de « crise » où se choisit délibérément une direction: c'est le début de l'afforestation et de la bonification des dunes.

Le biogéographe doit s'efforcer d'étudier ce moment où le regard de l'homme a changé et où son intelligence a modifié les caractères des milieux « naturels » en les artificialisant. Cette nouvelle orientation est fondamentale car c'est elle qui est à l'origine de la formation et de la trame spatiale de la plupart des forêts littorales.

3. Le temps court: l'actuel ou le passé récent

Même sur des séquences de temps très courtes, les paysages végétaux ne sont pas figés et immuables; ils sont au contraire en constante évolution.

Comme le font remarquer M. Barrué-Pastor et T. Muxart, « *le géosystème s'inscrit, à la fois, dans l'espace et dans une temporalité qui inclut aussi bien le pas de temps historique que le temps actuel* » (BARRUE-PASTOR *et al.*, 1992 b, p. 261).

Cette temporalité va du pas de temps journalier à l'évolution pluridécennale.

Le temps court peut être appréhendé de différentes manières: à distance au moyen de la télédétection aérienne ou spatiale; de visu en s'imprégnant de la réalité du terrain; de l'intérieur en rencontrant les acteurs socio-économiques du littoral ou encore de l'extérieur en prenant davantage de recul. Pour la végétation, les rythmes saisonniers (phénophases) sont observables sur le terrain mais déjà repérables sur certains clichés photographiques.

Ces temps brefs sont parfois des « **temps forts** » comme les tempêtes occasionnant en forêt d'importants chablis (DUBOIS *et al.*, 1991). C'est aussi le « **temps des ambivalences** » où l'homme a tantôt détruit ou dégradé, tantôt reconstruit ou réhabilité.

Nous verrons pour le site de Merlimont que les transformations paysagères les plus importantes se sont produites dans les cinquante à soixante dernières années.

La Seconde Guerre mondiale a annulé une partie des acquis du XIX^{ème} siècle: les ponctions ligneuses par l'occupant, l'altération des bois ont contraint à reboiser, à reconstruire des parcelles de forêt.

Depuis un quart de siècle, l'immixtion des acteurs économiques et sociaux dans la gestion des dunes et des forêts littorales n'a fait que s'accroître. Des abus ont été commis. Il a fallu restaurer, réaménager, « repenser » le milieu « naturel ». Toutes ces évolutions sont inscrites dans les paysages dunaires et relèvent de ce temps court ou du passé récent. Des exemples concrets seront exposés dans la quatrième partie.

Le temps court correspond aussi à l'échelle d'observation du terrain. C'est la végétation forestière qui évolue en fonction des aléas climatiques, des traitements forestiers. A ce niveau, géofaciès et géotopes nous fournissent des indications sur les sols, les ensembles floristiques et les traitements successifs.

En outre, les actions d'aménagement forestier sont souvent intriquées avec les dynamiques naturelles (*supra* p. 17). Il y a en effet croisement de dynamiques et le forestier peut éventuellement orienter les évolutions (par exemple favoriser une essence ou substituer une essence à une autre).

D. LES DIFFERENTES POSSIBILITES D'ETUDES DE LA DYNAMIQUE: UN EMBOITEMENT D'ECHELLES ET DE METHODES

1. Les paysages du passé: les données bibliographiques et les sources d'archives

Les évaluations de l'âge des faits de nature est l'un des buts assignés à la géographie physique.

Dans l'état actuel des recherches, il n'est guère possible, même en utilisant les datations absolues¹, de proposer une chronologie fine des systèmes dunaires du Nord de la France. Il est indispensable de se référer aux travaux des collègues belges et néerlandais dont les études ont été très précocement menées. La stratigraphie, l'archéologie et la palynologie et leur échelle de référence relative sont cependant une aide précieuse. Les **analyses polliniques** seront utilisées pour appréhender les aires d'extension des unités taxonomiques et leur passé; nous soulignerons toutefois leurs limites liées surtout à la validité spatiale des spectres polliniques.

¹ De plus, le carbone 14 n'est pas toujours très fiable lorsqu'on opère sur un ancien sol ou une ancienne tourbe, « matériaux qui continuent à évoluer par pénétration d'air ambiant ou que contamaine le contact de carbonnes d'âge différent » (voir DERRUAU, 1996 b, p. 220).

Dans les derniers millénaires se pose le problème de la présence humaine et du calage des datations au ^{14}C avec les sources archéologiques et par rapport à la chronologie historique.

A partir de l'époque gallo-romaine, la palynologie doit être complétée par les textes anciens et les descriptions de type littéraire afin d'éviter qu'il n'y ait un trop grand hiatus entre la fin des données palynologiques peu perturbées (début du Subatlantique) et les premières approches à partir des documents d'archives.

Dans un passé plus récent, reconstituer, au moins à grands traits, l'état des dunes et de leurs couvertures végétales au cours des siècles passés apparaît encore presque comme une gageure.

Certes, les travaux de fixation puis de boisement dunaire constituent une oeuvre de longue haleine dont l'histoire se trouve disséminée à travers les textes anciens et les documents d'archives.

Mais peu d'écrits témoignent du passé; les sources d'archives ne sont pas légion.

Pour retrouver le souvenir d'un paysage à un moment donné, nous nous sommes servis des témoignages **littéraires** autant que **graphiques, picturaux** ou plus tard **photographiques**. Au Moyen Age, la géographie des dunes littorales reste un discours sans images, sans cartes, sans photographies.

Les renseignements les plus anciens que nous avons recueillis sur la **flore littorale**¹ ne sont pas antérieurs au XVIII^{ème} siècle (BAILLON, 1791). Mais c'est seulement à partir du XIX^{ème} siècle que les botanistes locaux ont exploré avec soin le Nord de la France; ils ont publié leurs découvertes dans des Traités, Catalogues, ou Flores régionales (BOULLAY, 1878; ELOY DE VICQ, 1876 et 1883; ELOY DE VICQ *et al.*, 1861-1865; LESTIBOUDOIS, 1827; MASCLEF, 1886; RIGAUX, 1877). Dans ces ouvrages, les auteurs prennent parfois soin de rappeler les résultats de leurs prédécesseurs; dans les textes, la description des stations locales d'espèces et celle des localités peuvent être exploitées avec profit. C'est également à partir du XIX^{ème} siècle que les botanistes contribuent à la connaissance de la flore littorale en publiant leurs relevés sous forme de courtes notes dans les revues naturalistes de l'époque².

La connaissance des états passés est fortement conditionnée par la nature juridique de la propriété. Or, la plupart des dunes du Nord de la France sont encore au XIX^{ème} siècle de grandes propriétés privées. L'insertion de l'homme dans ces lieux est proscrite ou sévèrement réglementée. Aussi, les renseignements collectés sont rares. Seuls les cartes, plans ou documents iconographiques sont une aide pour le chercheur.

¹ Listes de plantes trouvées par les botanistes régionaux et consignées dans des flores, catalogues ou mémoires.

² Citons, entre autres, CEPPEDE *et al.*, 1910-1912; DEBRAY, F, 1873; DUBOIS, 1890-1891; GIARD, 1861; LABEAU, 1905 a et b; VION, 1873; WIGNIER, 1884.

Les principales revues sont: Bulletin de la Société Botanique de France; Bulletin de la Société Linnéenne du Nord de la France; Feuille des Jeunes Naturalistes; Journal de Botanique.

A l'échelle d'une commune, l'examen des fonds d'archives départementaux ¹, la lecture d'ouvrages d'histoire locale ou de monographies communales, la consultation des vieux plans cadastraux et des extraits des registres de délibération du Conseil Municipal (archives communales) constituent autant de pistes de recherche historique visant à combler les lacunes existantes au sujet des paysages et des pratiques du passé. C'est surtout à partir du XIX^{ème} siècle que les communes procèdent à l'archivage des trop rares documents relatifs à l'histoire de leur village.

Les documents manuscrits établis par la plume du forestier sont rares. Dans la forêt domaniale d'Hardelot ², les agents affectés sur les lieux menèrent, dès le début de leurs tentatives de gestion, des études préalables de terrain, appelés « Avant projet d'Aménagement », dans lesquelles ils rassemblaient des informations nécessaires à la justification des projets. Cette source manuscrite, ancêtre de l'Aménagement forestier, forme le premier document de référence traitant exclusivement de la forêt, de ses composantes écologiques et floristiques, de l'histoire des traitements et des aménagements pratiqués.

Les cartes associant l'écriture et la représentation de l'espace expriment les perceptions et les usages successifs qu'ont eus des dunes littorales les sociétés humaines. De même, les peintres naturalistes ont su représenter de façon saisissante les paysages dunaires de la Côte d'Opale. Ils ont célébré la dune dans toutes ses variantes tout en soulignant avec force la diversité du tapis végétal. Le travail de géographe peut consister à interpréter judicieusement les jeux de couleurs et les formes de la végétation. Mais, contrairement à la carte, le paysage évoqué par l'oeuvre d'art pose des problèmes particuliers de rapport à l'espace. Un tableau ne situe pas, il n'a pas d'échelle ni de légende, et il est rarement habillé par du texte. De plus, comme le fait remarquer B. Bommer, « *la vision du paysage qu'exprime l'artiste est l'expression d'une sensibilité individuelle. Intervient ici la subjectivité* » (BOMER, 1994, p. 4).

2. De 1940 à l'actuel: les apports variés de la téléeanalyse

Des photographies aériennes prises par l'armée britannique lors de missions de reconnaissance sur le littoral du Pas-de-Calais sont disponibles dès 1940.

Globalement, les photographies aériennes découvrent des maillages, soulignent des oppositions et ont le grand mérite d'être un outil dynamique. Elles seront utilisées à différentes reprises dans notre étude (*infra*, chapitre V et chapitre IX A. / 3.). Exploitées dans des intervalles de temps courts (année à une dizaine d'années), elles

¹ En particulier les séries modernes et contemporaines (série P: plans cadastraux, série O et sous-série 2 O aux archives départementales d'Arras: Administration communale, biens et travaux communaux) et les documents entrés par dons, achats, ou dépôts: cartes, plans, cartes postales, photographies (série Fi).

² Forêt située à une dizaine de kilomètres au sud de Boulogne-sur-mer dont la frange occidentale s'étend en partie sur des sables dunaires.

pourront nous fournir, pour ces cinquante-cinq dernières années, un état des dunes et de leurs couvertures végétales à des dates déterminées.

Dans les instantanés reliés dans le temps se dégagera l'évolution récente des milieux dunaires et des paysages forestiers qui leur sont associés. La crise consécutive à la Seconde Guerre mondiale, la dynamique de reconquête de la végétation ligneuse et « l'anthropisation » des forêts littorales en seront d'autant mieux appréciées.

La méthode d'analyse adoptée sera celle de la **photo-interprétation** avec pour objectif final de dresser différentes cartographies rétrospectives des paysages.

Si la téléanalyse est un préalable aux investigations au sol (mesures stationnelles), elle ne doit pas se dissocier du terrain et tout travail d'analyse exige des vérifications au sol avant de passer à la phase d'interprétation. L'observation de terrain attribue une signification précise à toute zone délimitée au départ sur une photographie ¹.

Par ailleurs, nous pourrions tirer parti des photographies aériennes lorsqu'il s'agira de représenter à grande échelle des unités physionomiques reconnues sur le terrain, géofaciès et géotopes.

Le but n'est pas d'arriver à une reconnaissance optimale des milieux végétaux ou de coupler les informations avec d'autres sources de données thématiques en les intégrant dans un système d'information géographique (S.I.G.).

De même, l'objet de notre travail n'est pas de quantifier des évolutions ou des processus. Aussi, l'exploitation informatique des données par scannérisation ou numérisation n'a pas été privilégiée.

Plus modestement, il s'agira de combiner vision synoptique et vision diachronique dans une approche **qualitative** de reconnaissance et d'analyse des objets géographiques. Les documents présentés seront donc essentiellement sous forme analogique. L'excellente résolution spatiale et l'usage de la stéréoscopie (essentielle en milieu dunaire et en forêt) sont les deux critères qui nous ont poussés à utiliser ce type de document.

Les données satellitales vont compléter utilement les techniques plus traditionnelles de la photographie aérienne.

A l'échelon régional, la télédétection spatiale se révèle très utile pour dissocier des structures paysagères ou analyser la distribution spatiale des forêts.

Là encore, le but n'est pas d'intégrer les données multitemporelles Spot ou Landsat dans un S.I.G. et de les utiliser pour obtenir des discriminations optimales et une classification automatique des formations végétales. Il sera en fait question d'exploiter ces données à l'échelle régionale afin de mettre en évidence l'originalité spatiale des forêts littorales parmi les autres parties du littoral puis de montrer à l'intérieur de ces boisements la dualité feuillus-résineux.

¹ De même, sur une image-satellite, les données terrain permettent de donner un sens aux signatures spectrales des objets reconnus.

3. Les paysages d'aujourd'hui: le travail de terrain, une mine inépuisable d'informations

Sur le terrain, les méthodes d'analyses des paysages végétaux se développent à la micro échelle des mosaïques stationnelles.

La forêt se révèle enfin. Elle nous dévoile ses microclimats, sa structure interne, porte à notre regard ses différentes strates constitutives.

A cette échelle, on change l'ordre hiérarchique des composants du paysage. La plante du sous-bois, non visible sur la photographie aérienne, a désormais son importance.

La perception n'est plus la même; nous sommes davantage réceptifs aux détails et au fugace, la quantité d'informations rend problématique les généralisations.

L'important est de conserver un **référentiel spatial** et de garder en mémoire la trilogie scalaire géosystème-géofaciès-géotope surtout si l'on songe à une cartographie.

Le niveau d'intervention des facteurs change: l'homme n'intervient plus foncièrement dans la structure des paysages et leur différenciation spatiale. Le sol et son pédoclimat deviennent des variables discriminantes au même titre que la microtopographie, la réserve en eau ou la flore du sous-bois.

Etre sur le terrain, c'est accorder une large place à l'étude de la **dynamique spatiale**¹, c'est aussi prendre en compte des subdivisions autres que physionomiques, observer les mosaïques au sein d'une même formation et accorder une attention particulière aux écotones et aux secteurs de variation rapide des gradients écologiques.

Sur le terrain, il sera d'abord question de dresser un état des lieux.

En prenant l'exemple de la Réserve Biologique Domaniale de Merlimont, quelques modèles de dynamiques spatiales seront évoqués.

Sur le plan biogéographique, l'autoécologie doit être intégrée: les adaptations morphologiques et physiologiques sont fréquentes dans des ambiances littorales; l'**éthologie** joue un rôle déterminant pour les essences d'arbres.

Les méthodes naturalistes ne seront pas totalement rejetées d'autant plus qu'elles se sont adaptées en prenant en compte la dimension spatiale en considération (cf symphytosociologie ou phytosociologie paysagère).

La **photographie au sol** sera fréquemment utilisée pour présenter la végétation dans toutes ses variantes, voir ses adaptations morpho-anatomiques ou encore pour exposer la morphologie d'un profil de sol. De plus, la photographie a également ses vertus pour exprimer de très fines dynamiques spatiales ou pour percevoir des changements dans des intervalles de temps très courts si elle est utilisée à plusieurs reprises sur le même site.

¹ Etudier en particulier les compétitions entre les êtres vivants et les stratégies spatiales de conquête des espèces arbustives et arborées.

L'analyse mésologique doit étroitement associer mesures (ou relevés) stationnelles et analyses en laboratoire. Mais ces dernières ne sont pas prioritaires; à titre d'exemple, l'examen macroscopique d'un horizon de sol passe avant son traitement granulométrique ou biochimique en laboratoire.

Dans les analyses floristiques, toutes les plantes ne seront pas recensées; par contre, il importera d'examiner en détail la répartition des espèces ligneuses dans chaque strate constitutive car c'est elle qui sera la plus apte à donner des indications sur la vitalité des essences et à nous renseigner sur le devenir de la végétation forestière.

Sur le terrain, le raisonnement biogéographique sera dynamique et à la fois **rétrospectif** et **prospectif**: il cherchera à trouver, dans les évolutions du passé (enrésinement, aménagements...), les structures spatiales du présent, et relèvera, à partir des tendances actuelles (dynamique végétale observée, examen des strates basses), des éléments significatifs lui permettant de proposer des scénarios sur la dynamique forestière.

Le terrain représente l'espace concret que l'on parcourt de visu: même si nous sommes plus intimes à la réalité des faits, nous n'en possédons pas toutes les clés d'interprétation.

Aussi, « être sur les lieux » ne dispense pas de rechercher des informations (souvent orales) auprès des témoins de l'évolution que sont les « hommes du cru » et les propriétaires eux-mêmes. Ces derniers sont par exemple susceptibles de nous renseigner sur l'origine des aménagements pratiqués ou sur la nature des plantations et des essences employées.

Nous entrons dans le « *versant social des faits biogéographiques* » (ARNOULD, 1994 a, p. 412). Les données recueillies à partir de ces entretiens ¹ sont une aide précieuse à la compréhension des paysages actuels, elles doivent être intégrées dans notre démarche bien qu'il faille toujours rester prudent en raison du caractère non scientifique de la méthode.

La présentation de ces méthodes de travail étant faite, il est désormais temps d'entrer dans le vif du sujet. Comme nous l'avons déjà annoncé, la seconde partie s'attachera à appréhender la végétation dunaire dans la longue durée historique en privilégiant l'analyse des interrelations entre les **systèmes naturels** (tendance naturelle que montre la végétation à exploiter les possibilités du milieu) et les **systèmes humains** (évolution du rapport que l'homme entretient avec la dune).

¹ L'intérêt de ces enquêtes ou entretiens est de recueillir des informations propres au « domaine personnel » de l'individu interrogé, et qui ont trait à ses propres actions, ses opinions ou son comportement (MERENNE-SCHOUMAKER, 1994).

DEUXIEME PARTIE

Espaces et milieux dunaires du
Nord de la France: du sable nu
aux forêts littorales

C hapitre III. L'INERTE ET LE VIVANT: PRESENTATION STATIQUE ET DYNAMIQUE

A. LE MILIEU DUNAIRE: LE MONDE DU MOUVEMENT ET DE L'EPHEMERE

La dynamique dunaire dépend au départ de facteurs physiques (action de la mer, dynamique éolienne) et de facteurs biologiques (plantes pionnières) qui agissent conjointement. La végétation s'oppose à l'action de déflation des vents et intervient dans le dépôt et la fixation du sable.

Une courte présentation du milieu dunaire et des interactions dune-végétation paraît nécessaire avant de démarrer l'étude diachronique.

1. Des systèmes dunaires larges de plusieurs kilomètres

La configuration de nos côtes, la dynamique littorale et la nature géologique des terrains jouxtant les dunes expliquent, entre autres, la variété des champs de dunes et leur extension à l'intérieur des terres. Les dunes qui s'étendent au sud d'Equihen-Plage jusqu'à la baie de Somme ont une orientation nord-sud perpendiculaire au vent marin; elles présentent un profil accidenté et sont larges de plusieurs kilomètres. Ces dunes se différencient de celles situées au nord des caps Blanc-Nez et Gris-Nez, moins étendues et orientées parallèlement au vent dominant (axe est-ouest).

Lorsque la progression vers l'est a été arrêtée par un relief assez élevé, les dunes sont venues s'adosser à une ligne de coteaux crayeux qu'elles ont fossilisée en partie. Tel est le cas de la dune du mont Saint-Frieux où les sables se sont plaqués sur la butte de calcaire créacé: les points hauts se situent à plus de 130 mètres d'altitude à deux kilomètres de la ligne de rivage. A Camiers, les dunes reposent directement sur une ligne de falaises mortes.

Le vent soufflant en général de la mer vers la terre contribue à augmenter le stock terrestre de sable aux dépens du stock marin; il permet, grâce à la déflation, l'accumulation et la formation progressive de la dune « bordière ». Certaines formes dunaires associées à cette dune « bordière » impliquent un apport constant de sable de l'estran; d'autres, observées en arrière de cette dune, sont des formes de **remaniement** qui évoluent sans apport notable de sable de l'estran (BATTIAU *et al.*, 1995).

Si le vent concourt à l'édification des systèmes dunaires, il peut également participer à leur démantèlement (*infra*, chapitre III, B. / 1.). En effet, à la faveur d'un creux ou d'une échancrure dans la dune, le caractère turbulent du vent et la compression des filets d'air

créent une érosion et participent à la constitution de plages d'envol. C'est ensuite la porte ouverte à un cortège de formes de déflation: crocs, caoudeyres ¹. L'érosion de couloir favorise le développement des siffles-vents (fig. 5). Si les siffles-vents sont répétitifs et non maîtrisés, on assiste rapidement à une dégradation du bourrelet dunaire.

L'évolution de ces formes et du modelé dunaire en général sont particulièrement rapides et s'appréhendent sur des **échelles de temps très courtes**: année, saison, mois (PLUIS *et al.*, 1989; JUNGERIUS *et al.*, 1989; BATTIAU *et al.*, 1995). Cette évolution est en partie conditionnée par la dynamique végétale.

2. La relation dune-végétation: les premières plantes psammophiles et le rôle fixateur des végétaux

La végétation intervient de manière prépondérante dans l'évolution de la dune littorale ² (BURTE, 1992; DELAPORTE, 1942; DESPEYROUX, 1989; DUBREUCQ, 1989; DUVAL, 1986; FUSTEC-MATHON, 1970; KUHNHOLTZ-LORDAT, 1923; MAITI *et al.*, 1975; PASKOFF, 1985).

Les végétaux ont un rôle capital en tant qu'obstacles. Véritable « architecte » de la dune (LECLERCQ, 1986), la végétation s'oppose à l'action érosive des vents; l'**état** et la **morphologie** d'un massif dunaire à un moment donné sont fortement liés à ces deux actions conjointes mais antagonistes.

Comme l'a signalé à plusieurs reprises A. Briquet, le conflit incessant entre le vent et la végétation se termine toujours, à plus ou moins longue échéance, par la victoire de la végétation (BRIQUET, 1923 et 1930). En effet, les formes d'accumulation ou les formes de remaniement finissent toujours par se fixer.

Les espèces pionnières, notamment l'oyat, jouent un rôle essentiel dans le dépôt et la fixation des sables. Ces plantes psammophiles ont besoin **d'apports de sable** pour se développer. Les touffes d'oyats croissent vers le haut au fur et à mesure que le sable s'accumule. L'enracinement très profond de la graminée et le maillage de ses racines assurent une meilleure cohésion des sables. L'oyat est connu dès le Moyen Age sur les rivages des régions tempérées pour sa capacité à fixer les sables mobiles (*infra*, chapitre IV, B./ 1.).

La coalescence des premières plantes psammophiles donne naissance à la dune embryonnaire puis à la dune « bordière » grossièrement parallèle au rivage (*infra*, chapitre VIII, A.). Cette dernière, souvent échancrée par des couloirs de déflation, est formée de petites buttes résiduelles, les « crocs », souvent coiffées par des touffettes d'oyats.

¹ Croc (terme picard): dans les dunes, petite butte résiduelle souvent coiffée par l'oyat.

Caoudeyre: terminologie gasconne correspondant au « blowout » des Anglo-Saxons.

² R. W. G. Carter a proposé une classification des dunes littorales en fonction du % du taux de recouvrement au sol de la végétation (CARTER, 1988, p. 314).

L'installation des premières plantes pionnières est parfois très éphémère: lorsqu'une petite cuvette de déflation s'élargit puis se transforme en caoudeyre la végétation environnante est déchaussée. Les caoudeyres, tout comme les dunes paraboliques¹ observées en arrière, sont des formes de remaniement éolien développées aux dépens d'anciennes dunes végétalisées. La dune se compose d'un patchwork de formes vives à évolution rapide; certaines de ces formes (pourrière², dune transgressive...) sont capables de progresser de plusieurs mètres au cours d'une seule saison (BATTIAU *et al.*, 1995). Dans les dépressions (pannes), la nappe d'eau douce est affleurante en hiver, la déflation ne peut se développer et la végétation est davantage fixée.

Par ailleurs, dès que la dune n'est plus alimentée en sable, l'oyat végète puis meurt. Mais, à la disparition des touffes d'oyat quand le sable n'est plus en mouvement, s'associent puis se substituent d'autres végétaux auxquels s'offrent des conditions de vie favorables.

L'arrivée des premiers végétaux a une double conséquence: la plante joue un rôle important en tant qu'obstacle, elle fixe la dune mais contribue également à modifier ses composantes microclimatiques.

3. Les caractères climatiques et microclimatiques des dunes

Une étroite bande côtière de 2 à 4 kilomètres de largeur se démarque de l'intérieur des terres par son originalité climatique. Bien que la comparaison entre les statistiques portant sur des périodes de référence différentes³ soit rendue difficile, quelques caractéristiques se dégagent: précipitations relativement faibles, températures douces et ensoleillement important (tab. 1 & 2).

Les masses océaniques sont d'excellents régulateurs thermiques. Les amplitudes de température enregistrées sur la façade littorale sont toujours plus faibles qu'à l'intérieur des terres.

Les températures sont clémentes et peu contrastées entre les saisons. L'écart moyen entre la saison froide et la saison chaude ne dépasse pas en moyenne 12 à 15 ° C. Les mois les plus chauds sont juillet et août. Si février est le mois le plus froid, c'est aussi celui qui enregistre (avec avril) le total de précipitations le plus faible. Le printemps sur les côtes Nord-Pas-de-

¹ Les formes paraboliques, très courantes dans notre domaine d'étude, traduisent un remaniement. Ces dunes ont des allures de croissant dont la concavité est tournée vers les vents dominants. A un corps frontal se rattachent deux bras latéraux, qui délimitent une partie centrale déprimée régulièrement alimentée en sables « frais ». Les dunes paraboliques prennent généralement naissance à partir d'une caoudeyre (fig. 5). On parle aussi de dune « entravée » (PASKOFF, 1996 a), dont les bras, partiellement colonisés par la végétation, évoluent au fur et à mesure que le corps se déplace.

² Pourrière = langue sableuse d'accumulation.

³ A cela s'ajoute la mauvaise qualité de certaines stations liée à leur position géographique. La station du Touquet ne semble pas indiquer la vraie valeur du vent de sa proche région. La localisation de cette station tend à la protéger des vents dominants (protection par la ville du Touquet-Paris-Plage, les dunes à l'ouest, par la forêt au sud et au sud-est et par Etaples au nord-est).

Calais-Picardie est souvent **sec**; mai et juin sont des mois bien ensoleillés et compensent des étés parfois maussades.

La douceur du climat océanique explique des minima d'hiver peu creusés et mêmes supérieurs à ceux de Montpellier-Fréjorgues, station de l'aéroport située à proximité de la Méditerranée (ESCOURROU, 1981). Cependant, les moyennes mensuelles consignées dans les tableaux ne doivent pas masquer les **extrêmes absolus** qui peuvent avoir une forte incidence sur la végétation littorale (*infra*, chapitre IX, B. / 1.3.1.).

Cette frange littorale est aussi le domaine du **vent**, sa régularité et son intensité ont une grande influence sur la végétation.

F.Paul a montré que les stations du littoral ont en moyenne pratiquement deux fois plus de jours avec vent fort ou même de tempête ¹ que les stations de l'intérieur ². Les vents forts sont en relation avec des situations météorologiques perturbées, notamment avec des dépressions et perturbations associées qui viennent balayer toute la France du Nord-Ouest pendant l'hiver. On observe près d'un jour sur trois de vent fort à Boulogne-sur-mer (114 jours pour la période 1979-1988) (PAUL, 1990; PAUL *et al.*, 1984).

Le vent intervient directement sur la végétation par son action mécanique et physiologique (évapotranspiration). Nous avons montré, dans une précédente étude (PETIT-BERGHEM, 1991), que les vents violents pouvaient causer des dégâts aux arbres en produisant de nombreux chablis ³ et volis.

Pour les précipitations, des différences locales existent entre les stations; la moyenne annuelle fixée à 650 mm à Boulogne-sur-mer (période 1947-1993) est largement inférieure à celle du Touquet (supérieure à 800 mm). Les pluies sont surtout concentrées de septembre à janvier, les autres mois sont moins humides, un minimum relatif apparaît même dès le mois d'avril (*infra*, chapitre IX, B. / 1).

Ces différences ont une grande signification du point de vue **hydrologique et écologique**, principalement en ce qui concerne les variations mensuelles du niveau des nappes phréatiques et des réserves en eau du sol (*infra*, chapitre VII, A. / 2.). Les hauteurs des précipitations présentent souvent des écarts chaque année par rapport aux moyennes établies sur de longues périodes (*infra*, chapitre IX, B. / 1.2.); ces écarts ont bien sûr des répercussions sur le fonctionnement de l'écosystème dunaire.

Les conditions microclimatiques ⁴ dépendent bien entendu de la donnée climatique régionale (climat allochtone). La topographie des dunes, la nature du couvert végétal, peuvent soit accentuer certains aspects du climat régional, soit les amortir.

¹ Vent fort: vitesse supérieure ou égale à 16 m/s; vent de tempête: vitesse supérieure ou égale à 100 km/h ou 28 m/s.

² A l'exception du Touquet, station où il faut nuancer les résultats.

³ En France, on estime qu'il y a des risques de chablis lorsque la vitesse de vent instantanée dépasse 100 km/h.

⁴ Ces conditions microclimatiques (et pédoclimatiques) sont essentielles à l'échelle de l'environnement immédiat des arbres et des arbustes.

Les particularités topographiques de la dune alliées à la diversité des groupements végétaux sont en faveur de l'expression d'une multitude de **microclimats** (climats autochtones). Les creux sont favorisés pour la végétation. Par temps calme et ensoleillé, ils s'échauffent rapidement mais se refroidissent beaucoup la nuit par rayonnement (GEHU *et al.*, 1971 b; GEHU *et al.*, 1979). Les microclimats sont différents au sein de chaque association ou groupement végétal (GEHU *et al.*, 1984 a). L'atténuation du vent est manifeste dès le revers de la première crête dunaise mais est surtout sensible dans les pannes et les fourrés. Bien que la ventilation soit amoindrie dans les sections de dunes déprimées, le vent exerce tout de même son influence sur la **déformation des arbres** (*infra*, chapitre IX, A. / 1.2.2.). Souvent, une échelle des déformations est notée en fonction du lieu et des espèces rencontrées (BARSCH, 1965; NERZIC, 1966).

Afin de caractériser plus précisément ces microclimats et pour comprendre le rôle joué par la végétation, nous avons effectué quelques mesures personnelles sur plusieurs sites (variations journalières de température, variations instantanées de la température et de l'humidité relative). Ces résultats ponctuels sont présentés en annexe (annexe 1).

Après cette rapide présentation du milieu dunaise et de sa dynamique actuelle, il serait intéressant de connaître maintenant la dynamique du passé et de voir comment la dune et la végétation ont évolué dans le temps depuis la mise en place des premiers cordons dunaises sur notre littoral.

B. EVOLUTION LITTORALE ET CHRONOLOGIE DES SYSTEMES DUNAIRES

1. La dynamique littorale et la formation des systèmes dunaises

1.1. Les périodes de transgression et de régression marine

Il semble très discutable de corréler des niveaux marins (alternances d'oscillations positives et négatives du niveau de la mer) avec des périodes de transgressions ou de régressions marines. Des allées et venues de la mer n'impliquent pas nécessairement des variations du niveau marin. Ce sont les **déplacements horizontaux** de la ligne de rivage qui importent.

Comme l'ont proposé A.V. Munaut et E. Gilot, il faut plutôt envisager une transgression holocène continue, irrégulière, complexe dans le détail (série de pulsations entraînant des incursions) et simplement interrompue par quelques **épisodes continentaux** (MUNAUT *et al.*, 1977). Ces épisodes correspondent à des rémissions temporaires

marquées par un arrêt momentané de la sédimentation marine et par la formation de dépôts continentaux de tourbe ou de sédiments d'eau douce ¹.

1.2. La formation des dunes littorales

De nombreux auteurs se sont intéressés aux processus de formation des dunes littorales.

R.Paskoff montre que l'édification des systèmes dunaires est parfois à mettre en parallèle avec des phases transgressives ou de hauts niveaux marins; cependant, une régression de la mer peut aussi engendrer une activité dunaire en livrant à l'action des vents un espace macrotidal élargi que découvre la baisse du niveau marin (PASKOFF, 1985 et 1993) (fig. 6). Il semble que les phases de « réactivation » ou de remobilisation des sables soient liées à une reprise de l'érosion côtière ou à une dégradation de la couverture végétale existante (PYE, 1983; MEUR, 1993).

Les apports en matériaux détritiques et les variations du **stock sédimentaire** des plages sont aussi à prendre en compte (BOUCHERON, 1986; FERRIERE *et al.*, 1993; PASKOFF, 1994 et 1996 b). Un budget sédimentaire positif permet un engraissement et une progradation du littoral, il est donc favorable à la formation de dunes bordières successives. Bien qu'un budget sédimentaire négatif entraîne un démaigrissement des plages, il peut aussi construire des champs de dunes étendus en arrière de ces plages: la dérive littorale combinée à l'action des vents forts évacuent de grandes quantités de sable. L'évolution du littoral, en particulier pour les dunes ou les marais, est davantage liée à des phénomènes d'accrétion latérale plutôt qu'à des phénomènes de sédimentation verticale (LE FOURNIER, 1974; REGRAIN, 1981).

Les **facteurs climatiques** interviennent également. Des événements climatiques exceptionnels comme les tempêtes favorisent le transport de sable à grande distance mais renforcent l'érosion côtière. Une augmentation de la quantité des précipitations favorise la fixation des dunes par la végétation tandis qu'une diminution voire une carence des précipitations entraîne une reprise de l'activité éolienne et une déstabilisation de la couverture végétale. Dans les dunes du littoral hollandais, des sols, des bancs tourbeux ou des lits humifères se sont développés lors d'épisodes synchrones sur une vaste étendue suggérant une origine climatique: les périodes humides favorisaient la fixation des dunes et la formation de sols.

Dans l'état actuel de la recherche, il est difficile de privilégier ou de mettre de côté l'une des raisons présentées. Chaque facteur a sa part de responsabilité dans la genèse ou la remobilisation des dunes.

¹ Voir aussi l'étude réalisée par le Parc Naturel Régional du Nord-Pas-de-Calais: Géologie du Boulonnais, Espace Naturel Régional, 1985, 176 p.

A cette variété de facteurs sont associées pour le littoral du Nord de la France tout comme pour le littoral belge ou celui des Pays-Bas plusieurs générations de dunes littorales.

2. Chronologie des systèmes dunaires

2.1. Les dunes néerlandaises

Une première génération de dunes aux Pays-Bas correspond au complexe « **Older Dunes** » (OD); le début de la période de formation de ces dunes ne semble pas antérieur à 4800 / 4900 BP (JELGERSMA *et al.*, 1970).

La seconde génération de dunes (« **Younger Dunes** »: YD) ne représente qu'un remaniement ou qu'une remobilisation des sables des dunes anciennes. En effet, les remontées du niveau marin associées à des modifications climatiques (plus grande fréquence et intensité des tempêtes) ont engendré une érosion côtière qui a elle-même entraîné une destruction partielle du complexe des « Older Dunes » (fig. 7). Aussi, les auteurs néerlandais parlent de « dunes secondaires » car leur formation s'est effectuée à partir d'un matériel sableux déjà existant; elles se différencient des plus vieilles dunes néerlandaises dont la formation s'achève pendant la période romaine et qui correspond à une progradation du littoral estimée entre 200 à 300 mètres par siècles (BERENDSEN *et al.*, 1984).

La formation de ce complexe de « Younger Dunes » peut être découpée en plusieurs phases (ZAGWIJN, 1984; KLIJN, 1990).

Une première période (800 / 1000 AD → 1200 / 1300 AD = complexe YD I) correspond au démantèlement partiel d'anciennes dunes déjà en place. A la faveur de conditions climatiques sèches, le sable est transporté sur une distance de 2 à 4 kilomètres de la côte; leur migration est évalué à 10 à 20 mètres par an.

Une seconde phase (1300 AD → 1600 AD = complexe YD II) est marquée par la « parabolisation »; c'est l'extension des dunes paraboliques ou transgressives. Les dunes s'étalent dans l'arrière-pays (2 à 3 km); leur migration annuelle est estimée entre 5 et 10 mètres.

Enfin, une dernière phase (1750 AD → 1850 / 1900 AD = complexe YD III) fait suite à une période de stabilisation relative pendant un siècle et demi. Les remaniements se poursuivent jusqu'à la fin du XVIII^{ème} siècle quand des travaux de fixation des dunes sont entrepris.

Il semble qu'il y ait un facteur déclenchant pour expliquer la remobilisation des sables: **l'érosion côtière**. Plus localement, les chercheurs néerlandais montrent que plusieurs facteurs s'associent et se cumulent: la pauvreté minéralogique du sédiment (principalement

en CaCO₃), le climat ¹ (sécheresse prolongée), la dégradation de la couverture végétale (déforestation, pâturage, activité des lapins...).

Finalement, beaucoup de dunes néerlandaises encore actives aujourd'hui sont donc très récentes. Plus au sud, le littoral franco-belge présente sur la mer du Nord des aspects forts comparables.

2.2. Les dunes de la côte belge

Des études sédimentologiques, archéologiques et palynologiques ont été menées dans les dunes côtières de la réserve naturelle du **Westhoek** près de La Panne. Ces prospections ont permis de dater les sédiments et de préciser le contexte écologique de leur formation.

Les dunes d'Adinkerque-Ghyvelde situées au sud de la réserve naturelle sont très anciennes, elles sont antérieures à 4300 BP et le début de leur formation remonte à plus de 5000 ans (DEPUYDT, 1967-1972 in AMPE *et al.*, 1991).

Une nouvelle ceinture dunaire s'est formée il y a environ 3000 ans à proximité de ces anciennes dunes. Ce nouveau complexe est nommé dans la littérature les « vieilles dunes de La Panne ». La construction de ces « dunes anciennes » liée à un littoral en progradation se poursuivait encore vers 2300 BP. L'installation de l'homme dans ces dunes est démontrée par les nombreuses trouvailles de l'Age du Fer (poterie trouvée dans une couche de tourbe datée de 1965 ± 110 BP pour la partie inférieure et 2660 ± 100 BP pour sa partie supérieure) (DE CEUNYNCK *et al.*, 1981). Aux temps des romains, cette dune était habitée et servait probablement de barrière naturelle contre la mer.

Lors de la transgression Dunkerque II ² (4^{ème} au 7^{ème} siècle après J.C.) se dépose une bande de sédiment marin d'une largeur de 1200 mètres.

Une phase de stabilisation dure jusqu'au XI^{ème} siècle. A partir de ce moment, une nouvelle transgression marine se produit, un cordon dunaire récent commence à se former. Le remaniement est très actif au cours du Moyen Age. R. De Ceunynck montre qu'aux XII^{ème} et XIII^{ème} siècles, des dunes basses (6-7 mètres de hauteur) ont envahi une grande partie

¹ A la fin du XII^{ème} siècle, un climat plus humide ralentit l'activité de déflation, il n'y a plus de transport à grande distance du sable mais accumulation et empilement sur place des dépôts sur une hauteur de 30 à 40 mètres. Des horizons humiques (lits tourbeux) se forment (KLIJN, 1990).

² Les données chronologiques des phases transgressives aux Pays-Bas sont les suivantes (HAGEMAN, 1969; DE JONG, 1971 in SOMME, 1977, p. 513):

- Dunkerque III: 1150 BP et plus récent;
- Dunkerque II: 1700-1350 BP;
- Dunkerque I: 2550-2050 BP;
- Dunkerque O: 3450-2950 BP.

Dans la plaine maritime franco-belge de la mer du Nord, R. Houthuys *et al.* ont employé une chronologie légèrement différente: Dunkerque O (?) (3450-2950 BP), Dunkerque I (2450-2150 BP), Dunkerque II (1750-1150 BP), Dunkerque III (850 BP et plus récent) (VAN STAALDUINEN, 1979 in HOUTHUYS *et al.*, 1993).

des polders de la région. La position de la ligne côtière était à cette époque située plus au nord qu'actuellement. La construction des dunes paraboliques s'est achevée au XV^{ème} siècle. La ligne de côte prend sa position actuelle à la fin du XVI^{ème} siècle.

2.3. Les dunes de la plaine maritime picarde

La **plaine maritime picarde** forme une entité géographique importante du littoral.. Bordée à l'est par les plateaux picards ou du Haut-Boulonnais, cette plaine très plate et entrecoupée par trois estuaires est large de 10 km au sud et environ 3,5 km au nord. Les plateaux surplombant la plaine se terminent vers l'ouest par un talus peu incliné, de hauteur variable, correspondant morphologiquement à une falaise morte ou paléofalaise holocène (fig. 8). Celle-ci peut se suivre depuis Onival jusqu'à la rive nord de l'estuaire de la Canche vers Camiers.

Entre les estuaires de l'Authie et de la Canche apparaît juste en contrebas de la paléofalaise la zone humide et marécageuse des Bas-Champs stricto-sensu flanquée de marais arrière-littoraux.

A l'ouest de cette unité s'étendent les systèmes dunaires souvent dédoublés en deux cordons. Ces cordons (10-30 mètres de hauteur) sont encadrés par une large dépression au fond plat ou plaine interdunaire sise à des altitudes voisines de 5 à 10 mètres. A l'intérieur de ce système dunaire, d'autres dépressions existent, de dimensions généralement petites ou moyennes, appelées communément « pannes » ou dépressions humides des dunes (*supra*, introduction).

La genèse puis l'évolution de cette plaine maritime picarde ont fait l'objet de publications diverses dont les plus conséquentes sont aussi celles qui sont les plus anciennes (DUBOIS, 1924; BRIQUET, 1930).

L'ancienneté de la plaine maritime est sujette à bien des discussions.

F. Verger a remarqué des restes de cordons littoraux pléistocènes de galets au pied de la falaise morte ou au milieu de la plaine maritime comme à St-Firmin ou à Quend; des éléments de vieux cordons littoraux à silex ont été conservés près de Waben au nord de l'Authie (TRICART, 1951; VERGER, 1968).

Pour l'essentiel, la sédimentation est d'âge **holocène**. Au cours de cette époque, des transgressions marines vont se produire, elles vont permettre aux sédiments de s'accumuler. Vers 8000 BP le niveau moyen de la mer se situait environ à 20 mètres plus bas que le niveau actuel. Au pied du rebord des plateaux picards existait à ce moment une large plateforme doucement inclinée et incisée par un réseau de chenaux fluviaux. C'est sur ce plancher crayeux que vont ensuite venir se déposer une vingtaine de mètres de sédiments holocènes alternativement marins et continentaux dont la surface va constituer la plaine maritime picarde.

Vers le début de notre ère, la plaine maritime existe déjà préfigurant l'actuelle un peu plus large et plus basse qu'aujourd'hui. L'épaisseur totale des sédiments est mal connue. Dans les Bas-Champs picards, les sondages atteignent la **craie** à des profondeurs variées allant généralement en moyenne jusqu'à - 25 mètres NGF (LEFEVRE *et al.*, 1980).

Les épisodes continentaux sont favorables à la formation de **tourbières** qui naissent à l'abri de cordons littoraux. Le colmatage de la plaine se poursuit en respectant les estuaires de la Somme, de l'Authie et de la Canche (BON *et al.*, 1969).

A partir de datations au ^{14}C de tourbes et de déterminations de Foraminifères, P. Lefèvre *et al.* ont donné une vue précise de la sédimentation au cours du temps en restituant le milieu (marin, saumâtre, continental) au moment où les sédiments se sont déposés (LEFEVRE *et al.*, 1980).

En baie de Canche, les datations au ^{14}C ont montré que la dernière incursion marine se situait vers 2500-2370 BP. C'est postérieurement à cette dernière incursion que se sont mis en place les premiers systèmes dunaires vers 2300-2100 BP (MUNAUT *et al.*, 1977).

Dans ce secteur de la plaine maritime, l'apparition des dunes représente donc un épisode tardif de son histoire sédimentaire (BATTIAU *et al.*, 1995).

Grâce aux datations ^{14}C des couches humifères contenues dans les dépôts sableux, A.V. Munaut et E. Gilot ont pu donner quelques précisions chronologiques sur l'édification de ces complexes dunaires. Les deux chercheurs ont remarqué un certain synchronisme entre l'apparition des dunes du site de Lornel et celle des « Older et Younger Dunes » de la côte ouest des Pays-Bas (fig. 8).

Dans le Marquenterre, les dernières incursions marines de la mer attestées par la microfaune sont plus tardives (épisodes transgressifs liés aux phases Dunkerque II et Dunkerque III).

En ce qui concerne ces phases transgressives, des similitudes peuvent être notées avec la Flandre maritime. D'ailleurs, dans le même ordre d'idées, le système stratigraphique de l'Holocène et les séquences du Flandrien ¹ (fig. 9) des Pays-Bas ou de la plaine maritime flamande (DUBOIS, 1924; SOMME, 1977 et 1988) se retrouvent, bien qu'imparfaitement, sur le littoral du Pas-de-Calais ou de la Somme (MARIETTE, 1971; MONTAIGNE, 1972).

Même si les travaux de A.V. Munaut et E. Gilot constituent la référence essentielle pour notre cadre régional quant à la fixation d'un âge sur les complexes dunaires, d'autres chercheurs ont également proposé leur point de vue.

Dans le Boulonnais, H. Mariette présente une courbe de la « transgression flandrienne » et une chronologie des systèmes dunaires ² en différenciant les « vieilles dunes » protohistoriques (Age du Bronze et premier Age du Fer), les « jeunes dunes »

¹ Les subdivisions sont les suivantes:

- Assise de Calais.
- Complexe de la « tourbe de surface » ou tourbe supérieure (Subboréal).
- Assise de Dunkerque.

La tourbe subboréale contenant des débris de bois fossiles se retrouve à maintes reprises en bordure de côte sur le littoral de la Côte d'Opale. L'affleurement de ces bancs tourbeux sur les plages est la preuve d'un déplacement vers l'intérieur de la ligne côtière comparé à la situation durant le Subboréal (MORTIER *et al.*, 1981).

² Voir MARIETTE, 1971, p. 145 et p. 146 (tableau chronologique).

H. Mariette propose d'associer les phases éoliennes (formation des dunes) aux épisodes transgressifs et relie les tourbes ou les niveaux humiques interstratifiés aux épisodes régressifs.

H. Mariette décrit 4 phases transgressives en faisant une corrélation avec les transgressions néerlandaises (D O, D I, D II, D III).

développées pendant la période historique (premier millénaire après J.C.) et les « dunes récentes » postérieures au Moyen Age. Cette chronologie créée à partir de données archéologiques est intéressante bien qu'elle ne soit pas étayée par des arguments botaniques et par des datations au moyen de la méthode du ^{14}C .

Pour **A. Briquet**, la plupart des dunes de la plaine maritime picarde sont des dunes de remaniements, certaines d'entre elles sont très récentes comme il le fait remarquer dans son ouvrage paru en 1930: « *Ce serait sur le rivage du XVIII^{ème} siècle et celui du XIX^{ème} à son début, ou même plus tôt encore, que les dunes devenues aujourd'hui des dunes paraboliques auraient pris naissance: le rivage était alors plus avancé vers le large que le rivage actuel, qui au sud de Paris Plage est maintenant en recul* » (BRIQUET, 1930, p. 175). M. Montaigne confirme ce fait en datant du XVIII^{ème} siècle les dunes paraboliques du Touquet et de Stella-Plage (Montaigne, 1972).

Beaucoup de dunes situées entre Boulogne-sur-mer et la baie de Somme sont donc finalement de **création très récente**.

Souvent, les petits écarts dans les datations expriment des phénomènes d'hystérésis ou de retard. Ces écarts peuvent facilement s'expliquer par les conditions locales. Par exemple, la simple présence d'un système de chenaux suffit pour que, pendant un mouvement régressif de la mer, se maintienne une pénétration marine. Inversement, un cordon littoral peut, lors d'une phase transgressive, protéger une baie contre l'invasion marine. Des décalages de temps sont donc possibles lors de l'enregistrement d'une influence continentale ou marine dans une séquence de sédiments à différents endroits.

La stratigraphie des dépôts littoraux permet d'étudier les milieux de la sédimentation littorale et de confronter l'évolution des milieux continentaux et marins (CAMPY *et al.*, 1989).

La palynologie comme l'archéologie préhistorique apportent parfois de bons arguments chronostratigraphiques. Le contenu pollinique d'un sédiment sableux a une **valeur dynamique** et une **signification paléoclimatique**. La palynologie ne doit pas être écartée. Les spectres polliniques sont une aide précieuse pour la compréhension de la dynamique littorale et sont d'un réel intérêt pour connaître la nature et l'évolution de la végétation des siècles passés.

C. LA METHODE PALYNOLOGIQUE: SON CARACTERE SCIENTIFIQUE COMBINE AUX DONNEES STRATIGRAPHIQUES ET ARCHEOLOGIQUES; SON INTERET POUR RECONSTITUER L'HISTOIRE DE LA VEGETATION

1. L'analyse palynologique: avantages et contraintes

1.1. Méthodologie

Les profils polliniques sont établis à partir de prélèvements réalisés à différents niveaux dans des sédiments. Le but est de reconstituer l'histoire de la végétation dans un site déterminé en comparant les analyses des différents prélèvements (GILOT *et al.*, 1969; JANVIER, 1986; RAMADE, 1993; REILLE, 1990; VAN DEN BERGHEN, 1951).

Les grains de pollens identifiés sont appréciés quantitativement, ce qui permet ensuite de dresser le spectre pollinique de l'échantillon de tourbe étudié¹.

Les spectres établis ont une signification dynamique puisque les sédiments enregistrent d'année en année la totalité des pollens (les « pluies polliniques ») qui arrosent le site.

1.2. Les limites de l'analyse palynologique

Les limites sont liées aux problèmes dans **l'interprétation des spectres polliniques**.

Les valeurs de pourcentage données pour chaque espèce dans les diagrammes sont-elles suffisamment crédibles et pertinentes ?

Au départ il y a une triple inégalité entre les espèces:

- l'état de conservation des spores ou des grains de pollen diffère selon les espèces;
- la quantité de pollen formée varie considérablement d'un taxon à un autre. *Betula*, *Corylus*, *Pinus* produisent de grosses quantités de grains de pollen contrairement à *Fagus* ou à *Abies*. Certaines espèces risquent donc d'être surestimées dans les diagrammes.
- A recouvrement égal, une même espèce produit un nombre variable de pollens suivant son statut dans la couverture végétale. Pour une forêt, l'architecture de la végétation doit donc être prise en considération.

¹ Le spectre pollinique est dessiné en exprimant le pourcentage du nombre total de grains de pollens et de spores (T). Le palynologue calcule les pourcentages relatifs de toutes les familles, des principaux genres et espèces présents sur le site. Tous les spectres sont regroupés sous la forme d'un diagramme qui représente de façon graphique l'évolution floristique de la station archéologique étudiée. Sur ce diagramme, les pollens des plantes arbustives et arborescentes (A.P. = Arboreal Pollen) sont différenciés des pollens et spores des plantes herbacées (N.A.P. = Non Arboreal Pollen: graminées, cypéracées, plantes aquatiques...).

D'une manière générale, il est difficile de connaître la nature exacte de la formation végétale: un pollen attribué à un arbre peut très bien être disséminé tant à partir d'une forêt qu'à partir d'un fourré.

A.V.Munaut a montré pour les milieux dunaires que les pollens ne sont pas forcément toujours associés aux dunes puisque les sédiments à partir desquels les analyses sont faites captent les pollens provenant des prés-salés, des formations continentales hygrophiles (marais arrière-littoraux) et boisées (MUNAUT, 1986 et 1988).

La signification **spatiale** de la pluie pollinique est discutable (BRAQUE, 1990; HEYVAERT, 1980).

Toute la difficulté est de pouvoir différencier dans les échantillons la part prise par les espèces locales de la part prise par le voisinage ou de la pluie pollinique régionale.

Par exemple, pour un sédiment tourbeux, les pollens recensés proviennent non seulement de la végétation de la tourbière proprement dite mais également de la ceinture de végétation immédiate qui l'entoure et de la formation végétale régionale homogène ou mosaïquée au sein de laquelle la tourbière est située. Nous avons donc une combinaison d'éléments autochtones et allochtones et plusieurs végétations dont l'évolution n'est pas forcément synchrone.

Sur le plan forestier, les grains de pollen observés dans les dépôts tourbeux peuvent provenir d'arbres qui végétaient en dehors de la tourbière; les vents violents du littoral ont pu transporter ces grains de pollen à de très grandes distances du lieu d'émission.

Le mode de transport des pollens entre donc aussi en jeu dans la composition des pluies polliniques (GOURHAN, 1988); les pollens des espèces entomophiles (dispersion par les insectes) ont tendance à être sous-représentés dans les milieux hydromorphes alors que sont sur-représentés dans ces mêmes milieux les pollens des espèces anémophiles (dispersion par le vent).

Malgré ces quelques réticences ayant trait à la signification des spectres et à la validité des interprétations, ce n'est pas de mise ici d'ignorer cette méthode qui nous fournit tout de même une possibilité de saisir l'aspect et la composition de la végétation telle qu'elle apparaissait dans les environnements littoraux au cours des siècles passés.

2. Etude de quelques diagrammes polliniques

2.1. Spectres polliniques et forêts « fossiles » des côtes septentrionales de la France

Des tourbières ou « forêts submergées » ont été décrites en dehors de notre cadre régional (ANONYME, 1826; MUNAUT, 1967 a / b et 1979; CHAURIS, 1991). Pour certaines d'entre elles, les analyses sont évasives et ne donnent guère d'informations

chronologiques précises ¹. Certaines tourbières peuvent contenir une grande quantité de bois, mais il est souvent difficile d'en distinguer les espèces ².

Au nord de Wimereux, une forêt littorale ancienne (site de la **pointe aux Oies**) développée non sur des sédiments marins mais sur des limons d'origine continentale fut décrite par de nombreux chercheurs (DUTERTRE, 1934; BONTE, 1966; MARIETTE, 1971; MUNAUT, 1980; MUNAUT *et al.*, 1980). Cette forêt « submergée » donne des informations botaniques et paléoclimatiques intéressantes.

La forêt s'est formée dans une vallée fossile de la Slack sur une tourbière d'eau douce d'âge subboréal. Des souches d'arbres de forte dimension sont encore visibles ³, principalement des aulnes et quelques chênes.

Les variations dans les conditions de drainage de la tourbière expliquent l'alternance des espèces (fig. 10): l'aulne ayant rapidement supplanté le tilleul alterne avec les fougères (*Dryopteris*) ou avec les Cypéracées. Le chêne est régulièrement présent au cours du Subboréal. Bien qu'évincé par l'aulne, le tilleul garde encore des pourcentages relativement élevés. Il n'y a pas eu d'influence marine pendant la période de formation.

La position de la ligne de rivage était décalée par rapport à l'actuelle, la vallée de la Slack se prolongeait vers l'ouest.

La fin du Subboréal et la transition Subboréal / Subatlantique sont marquées par une **détérioration climatique**, c'est une période de crise géomorphologique aboutissant à la mise en marche d'un grand volume de sable entre 3550 BP et 3330 BP ⁴, la vallée est envahie puis colmatée par les sables dunaires.

¹ « Des forêts ainsi submergées ont été découvertes en beaucoup d'endroits du littoral de la Manche; tantôt les arbres apparaissent pourvus de leurs branches, tantôt leur racine seule est engravée dans le sable; les bois, noircis et corrodés par le séjour prolongé dans l'eau salée, conservent encore des caractères assez distinctifs pour que l'on puisse déterminer leur essence; ils appartenaient pour la plupart à la famille des chênes » (GIRARD, 1891, p. 43).

Ces tourbes renfermant du bois fossile ont donné lieu à une exploitation courant XIX^{ème} siècle par les habitants entre Etaples et Boulogne-sur-mer. La tourbe servait de combustible (DE BONNARD, 1810).

L'histoire forestière flamandaise fut abordée à plusieurs reprises par G. Dubois et C. Dubois (DUBOIS G et C, 1945 et 1946).

G. et C. Dubois proposent pour le NW de la France un schéma de l'évolution forestière flamandaise à partir de l'analyse pollinique de quelques tourbières. Ils en déduisent une zonation paléosylvatique caractérisée par la présence ou plus souvent la prédominance de pollens d'arbres forestiers. Mais cette étude n'a guère de valeur scientifique car elle n'est pas étayée par des datations au ¹⁴C.

Par contre les auteurs comparent leurs résultats avec ceux de Godwin obtenus pour le SE de l'Angleterre. Le hêtre est toujours rare en Angleterre; pour le bouleau, les données sont inversées. De même, l'aulne est moins fréquent en France qu'en Angleterre; en revanche, il devient prépondérant dans certaines tourbières littorales ou sublittorales.

² D'une manière générale, la quantité de bois diminue lorsqu'on se dirige vers la mer (DEBRAY, H, 1873, p. 17).

³ 20 souches (DUTERTRE, 1934) puis 14 souches (MUNAUT *et al.*, 1980).

⁴ Plusieurs hypothèses sont formulées pour expliquer cette période d'accumulation dunaire (MUNAUT *et al.*, 1980):

- la destruction du cordon littoral par les tempêtes permettant au sable de s'accumuler sur les plages puis de s'étendre vers l'intérieur des terres;
- des modifications climatiques: une plus grande sécheresse favorisant le transport du sable et réduisant fortement la couverture végétale;
- une influence anthropique: destruction de la couverture végétale.

En **baie de Canche**, le diagramme palynologique établi par A.V.Munaut permet de reconstituer l'histoire de la végétation depuis plus de 5000 ans.

Les périodes de l'Atlantique et du Subboréal sont caractérisées par une bonne représentation des espèces forestières; des forêts marécageuses se développent entre **5340 BP ± 80** (Lv 766) et **4060 BP ± 60** (Lv 747). Le noisetier, le chêne et l'aulne sont les essences dominantes (fig. 11). Le bouleau et le pin sont plus discrets. Il n'est pas sans intérêt de noter que le tilleul et l'if¹ bien visibles sur le diagramme au Subboréal n'existent plus aujourd'hui sur notre littoral à l'état naturel.

En baie de Canche, il n'y a plus d'incursion marine à partir de **2500-2370 BP**. La quasi disparition des Chenopodiacees à partir de l'unité V ne permet pas un retour de la forêt. En effet, le rapport AP/T chute à partir du Subatlantique. La faible proportion des pollens d'arbres doit être raccordée à l'**édaphisme dunaire**. L'intervention anthropique ne doit pas être négligée mais ce n'est pas le facteur essentiel; le diagramme montre une forte abondance d'hygrophiles (Cypéracées, *Dryopteris*) liée à l'installation d'une végétation de pannes.

L'apparition d'une solanacée dans l'unité V (probablement *Solanum dulcamara*) représente l'installation des fourrés dunaires. Ces fourrés sont d'abord dominés par le saule. L'argousier arrive plus tardivement mais devient majoritaire à partir de **1160 BP ± 75**; il est accompagné par *Salix*, *Betula* et *Pinus*. Le hêtre, étonnamment présent au début du Subatlantique, disparaît complètement par la suite.

Il semble que le retrait de la mer ait été plus **tardif** dans la partie méridionale de la plaine maritime.

Dans le **Marquenterre**, aux environs de Rue, un sondage décrit plusieurs épisodes de sédimentation marine alternant avec des formations continentales (Ters *et al.*, 1980).

Pour les sables marins antérieurs à 2000 BP, les analyses polliniques signalent l'abondance de l'aulne et surtout la proportion importante des Chenopodiacees, indice d'un dépôt de schorre et donc d'une avancée de la mer. Une tourbe sableuse datée de **2910 BP ± 90** (Giff 4888) met en évidence un contenu pollinique dominé par *Corylus*; *Alnus* et *Quercus* sont faiblement représentés. Le bouleau commence à acquérir un développement significatif. La bruyère callune, présente en grande quantité, est peut-être, selon les auteurs, un signe de défrichement pendant l'Age du Fer. Le fort pourcentage observé pour *Corylus* dans les tourbes ou les dépôts saumâtres s'explique par l'existence de vastes zones déboisées puis rapidement recolonisées par cette essence.

Il peut être intéressant de comparer les diagrammes établis sur ces quelques sites dunaires avec ceux publiés en dehors de notre cadre régional par les chercheurs de **Belgique** ou des **Pays-Bas**.

¹ A.Briquet signale la présence de l'if à l'état spontané dans la tourbe de la vallée de la Somme: un « *if de taille énorme trouvé lors du creusement du canal de St-Valéry* » (BRIQUET, 1930, p. 203).

2.2. Quelques éléments de comparaison avec les côtes belges et néerlandaises

Sur les côtes belges (site de De Panne-Oosthoek), R.De Ceunynck montre que vers **2300 BP** l'influence humaine est encore négligeable; des fourrés à base de genévrier (*Juniperus*) et quelques arbres (notamment *Quercus*) constituent la dominante des paysages végétaux ¹ (DE CEUNYNCK *et al.*, 1981) (fig. 12).

Une analyse palynologique d'une couche humique datée de **2660 ± 100 BP** ou **710 ± 100 BC** (à la base) et **1965 ± 110 BP** ou **15 ± 110 BC** (au sommet) confirme que les pollens d'arbres sont caractérisés par un pourcentage élevé du chêne. Les courbes sont moins prononcées pour les autres essences; l'aulne, le bouleau et le noisetier ont tous des faibles représentations. Le hêtre est ici sporadique (fig. 12) ².

Une végétation ouverte d'abord à dominante herbacée s'enrichit en éléments ligneux; des fourrés de genévriers se développent et deviennent majoritaires dans le paysage des dunes. D'abord purs, ces fourrés sont progressivement infiltrés par le chêne. Aussi, une forêt de chênes au voisinage de la côte n'est pas improbable; de telles forêts existaient à cette époque sur les côtes néerlandaises (« **Duin Eikenbos** »).

Pour R.De Ceunynck et H.Thoen, la vivacité naturelle du genévrier associée à la présence probable d'une forêt de chêne et à l'absence de l'argousier semblent liées à une plus grande humidité et à des dunes moins calcarifères que les dunes plus récentes qui se sont développées par la suite.

Une recrudescence de l'activité éolienne lors de la période romaine vient interrompre la dynamique naturelle de la végétation (DE CEUNYNCK *et al.*, 1981). Les romains introduisent le pâturage, des modifications floristiques s'ensuivent (arrivée de *Plantago lanceolata*). L'arrivée de *Castanea* (châtaignier) au sommet du banc tourbeux (fig. 12) n'est sûrement pas étrangère à cette occupation humaine. Le niveau supérieur de la couche humique montre un net déclin des buissons de genévriers et de la chênaie et un retour à une végétation plutôt herbacée (THOEN, 1986).

Au troisième siècle de notre ère, l'occupation romaine touche à sa fin, l'activité éolienne reprend à la faveur de conditions climatiques plus sèches. Une transgression marine se produit (Dunkerque II), elle permet la formation d'un marais salé et explique le développement des Chenopodiaceées. Une tourbière datée de **1630 ± 55 BP** située à proximité du marais salé montre la présence d'un atelier du Mérovingien, cette tourbière renferme des pollens d'Ericacées (*Calluna*, *Myrica*; « **Ericaceae heathland** »).

R.De Ceunynck montre que les activités anthropiques s'intensifient dans les siècles suivants. Au XI^{ème} siècle, une nouvelle transgression (Dunkerque III) se manifeste, de nouvelles dunes inféodées au complexe dunaire récent (« **Younger Dunes of De Panne** »):

¹ « *2300 BP: climax of shrub and wood vegetation in the dune area* » (DE CEUNYNCK, 1985, p. 35).

² On retrouve toutes ces essences, dans des proportions différentes, dans la plaine maritime de la Flandre française pendant la transition Subboréal-Subatlantique. A Watten (vallée de l'Aa), l'aulne, le frêne, le noisetier et le chêne deviennent moins abondants lors de cette transition (2240 ± 80 BP, Lv-1934) alors que dans le même temps réapparaissent le hêtre et le charme (SOMME *et al.*, 1994; voir diagramme p. 236).

1000-1400 AD) prennent forme; une végétation à dominante herbacée alterne avec des fourrés dominés par l'argousier dans les lieux secs et le saule rampant dans les endroits plus humides. Cette végétation est progressivement détruite par le pâturage (moutons) et l'activité spatiale des lapins.

Aux Pays-Bas, une publication ancienne mais conséquente (JELGERSMA *et al.*, 1970) nous offre la possibilité de retracer l'histoire de la végétation durant les deux ou trois derniers millénaires.

Dans les dunes néerlandaises, la présence humaine fut constante et plus qu'apparente tout au long du Subatlantique mais ne fut vraiment déterminante qu'à partir du Moyen Age.

Au Subboréal, aulnes et chênes sont recensés dans les diagrammes polliniques, des forêts dominées par ces deux essences sont notées.

Au début du Subatlantique, le genévrier (*Juniperus*) est important, il précède l'arrivée de l'argousier.

Le développement de la végétation des fourrés dunaires est parfois cyclique: plusieurs cycles de développement de la dune à fourrés sont possibles; ces cycles sont entrecoupés par des épisodes dunaires (fig. 13). C.J.M. Sloet Van Oldruitenborgh parle au début du Subatlantique de fourrés dunaires dominés alternativement par l'argousier et le genévrier. Pour cet auteur, l'évolution de l'argousier vers le genévrier se fait avec la lixiviation du calcium et la diminution éventuelle de la teneur en azote. Il semble peu probable que les fourrés à genévriers se soient formés après une baisse du pâturage (SLOET VAN OLDRUITENBORGH, 1976).

Sur plusieurs sites de la côte néerlandaise, une dynamique forestière s'est manifestée après la période romaine (fig. 14)

Au nord de Velsen, cette dynamique fut interrompue brutalement par les colonisations mérovingiennes puis carolingiennes, des coupes importantes furent entreprises aux VII^{ème} et VIII^{ème} siècles de notre ère. En d'autres points du littoral, les jeunes forêts dunaires furent préservées des coupes jusqu'au XII^{ème} siècle.

Des sols forestiers, principalement des **podzols**, restent les témoins de cette occupation sylvatique¹.

Entre Haarlem et Zondvoort, une forêt frontière (the « **Haarlemmerhout** ») constituée principalement de hêtres² et secondairement de chênes, aulnes et bouleaux servait de ligne

¹ « From about Roman times onward aeolian sedimentation in the Older Dunes ceased in most places except in the westernmost areas. Since that time the *podzolic soil*, which passes laterally in the depression into a peat-layer, could be formed on top of the Older Dunes. The type of soil, which is a forest soil as well as the remain of numerous trunks (troncs) and logs (rondins de bois) suggest that during at least part of this time forests covered the area. Evidence was found that the forest was cut down by man in the 11th and 12th century » (JEGELSMA *et al.*, 1970, p. 100).

Les podzols ne sont pas rares sur substrat dunaire. En baie de Canche, H. Mariette puis A.V. Munaut et E. Gilot ont décrit un podzol humique hydromorphe dont la formation puis l'évolution se sont étalées entre 2240 BP et 1160 BP. Les podzols constituent dans ces milieux dunaires des paléosols qui témoignent des variations du climat et du couvert végétal à travers le temps.

² Des restes de cupules de hêtres furent retrouvées à proximité d'Ijmuiden. Plus généralement, l'avis de Zagwijn (ZAGWIJN, 1971, in SLOET VAN OLDRUITENBORGH, 1976) est que vers 800-1000 AD, les

Suite de la note page suivante

de démarcation entre deux provinces de l'époque (Kennemerland, Rijnland): cette forêt fut épargnée par les coupes jusqu'au moment où elle perdit ses fonctions militaires et politiques (XI^{ème} et XII^{ème} siècles). Il est vraisemblable qu'à cette époque une hêtraie incorporant quelques chênes et aulnes poussait très près de la mer à l'abri d'une dune bordière et à proximité d'une ligne de rivage légèrement décalée vers l'ouest par rapport à sa position actuelle.

Contrairement au chêne ou à l'aulne, le hêtre n'apparaît pas dans les diagrammes polliniques au début du Subatlantique; sa présence est tardive et remonte aux premiers siècles de notre ère. Dans ces dunes néerlandaises, le hêtre ne se comporte pas en pionnier: exigeant et sciaphile, il est toujours accompagné par d'autres essences. Sa venue est conditionnée par la topographie dunaire qui influe directement sur l'humidité des sols; cette essence exige également des sols assez riches où le calcaire est présent.

Au Moyen Age, les coupes responsables des clairières en forêt entraînent corrélativement un retour en force de la végétation herbacée. Le pâturage ou une utilisation agricole des dunes représente un frein à la dynamique forestière mais le retour à la forêt peut s'opérer avec la réentrée progressive dans les diagrammes des pollens d'arbustes ou d'arbres (*Hippophae*, *Salix*...).

Les recherches palynologiques aux Pays-Bas montrent donc que l'évolution de la végétation au cours des deux ou trois derniers milliers d'années n'a pas été tout à fait la même que celle qui a été enregistrée pendant la même période sur le littoral belge ou le littoral du Nord de la France.

En définitive, que pouvons nous retenir de la **méthode palynologique** ? Quels sont les grands enseignements de cette discipline pour notre étude ?

La palynologie a permis par sa démarche scientifique de donner une image assez claire et précise de l'état et de l'évolution de la végétation.

Mais, une des principales caractéristiques de cette science est de fournir des informations très ponctuelles. C'est un problème délicat. En l'absence de données suffisamment nombreuses, la tentation du chercheur est de passer à la généralisation.

Aux Pays-Bas, la recherche palynologique, plus précocement amorcée qu'en France, a montré l'extrême variabilité de la végétation dunaire. Les sites de prospections plus nombreux dans ce pays ont donné la possibilité aux palynologues de proposer une évolution de la végétation au Subatlantique. En Belgique, les recherches sont aussi bien avancées grâce notamment aux travaux du professeur Munaut et de son équipe au sein du laboratoire de palynologie de l'université de Louvain.

forêts des jeunes paysages dunaires étaient principalement des forêts de hêtres. La formation de ces forêts ne put ensuite jamais se poursuivre à cause des activités humaines au Moyen Age: coupes de bois, fauches, extraction des broussailles, pâturage, chasse, agriculture...

D'une manière générale, l'étude des diagrammes a dégagé au moins quatre faits importants:

- le **caractère atypique** de la végétation des dunes bien plus souvent conditionnée par l'édaphisme que par des traits climatiques régionaux ou locaux;

- la **faible amplitude géographique** de quelques espèces. Des plantes ligneuses, arbustives ou forestières, ont une aire géographique précise. Le genévrier n'apparaît pas dans le site du Lornel alors qu'il est présent sur les côtes belges et néerlandaises. Le pin sylvestre et le coudrier représentés en baie de Canche ne figurent pas dans les diagrammes polliniques des dunes hollandaises;

- la **faculté d'adaptation** de la végétation dunaire. Finalement, le particularisme de la végétation et l'alternance des espèces sont liés à la dynamique littorale. Les paramètres climatiques doivent être envisagés, mais les cycles rencontrés, les complexes flux et reflux des espèces ont aussi leur origine dans les crises passagères que subit ce milieu (invasions dunaires);

- enfin, la **mainmise croissante de l'homme** sur la végétation. Les premières civilisations pratiquent le défrichage ou introduisent l'agriculture comme le révèle dans les analyses l'apparition du plantain ou des céréales typiques de la présence humaine.

D'ailleurs, c'est avec la colonisation humaine puis surtout avec l'arrivée des conquérants romains que commencent les premiers témoignages écrits qui, bien que souvent vagues et partiels dans leurs descriptions, complètent utilement les sources archéologiques ou palynologiques.

D. COLONISATION HUMAINE ET PREMIERS TEMOIGNAGES ECRITS SUR L'OCCUPATION DU SOL

1. Les débuts de l'occupation humaine sur le littoral

Beaucoup de **sites archéologiques** s'inscrivent dans le cadre géologique spécial des dunes du littoral. Ces sites attestent d'une occupation humaine importante sur tout le littoral à partir de la fin du Néolithique (BOSTYN, 1989).

Dans le Boulonnais, les premiers témoignages de l'occupation humaine se situent le long de la côte (LE RESTIF, 1973). Des débris d'industries et des vestiges d'ateliers néolithiques ont été conservés dans les dunes d'Equihen et d'Hardelot (AUFRERE, 1954). Les dunes ont recouvert les gisements sans les détruire.

Les premiers établissements de la région ne semblent pas avoir été fonction de l'aptitude des sols à leur mise en valeur agricole. Les populations, souvent itinérantes (« tribus nomadisantes »), s'installent de préférence sur les sols sableux (DUTERTRE, 1926; GOSSELET, 1902; MARIETTE, 1970).

Les sites sont en relation avec la chasse ou la pêche. Les ressources du milieu sont utilisées; le bois et les végétaux servent à la confection des habitations. Le docteur Ovion a montré l'existence d'un ancien village sur pilotis ¹ de type pellafile ² le long de l'étang de la Claire-Eau à Condette.

Avec la conquête romaine naissent les premiers « naturalistes ». Parfois grand stratège ou grand voyageur, ce sont aussi des observateurs de la nature. Leurs descriptions et leurs récits sont d'autres sources d'informations.

2. Forêts et marécages de la Morinie

Aux temps des Gallo-Romains, la **Morinie** constituait une unité géographique importante du littoral établie dans l'actuel Boulonnais et une partie de la Flandre maritime. Habitée par les Morins, ancien peuple de la Gaule Belgique, la région dut subir la colonisation romaine (ANONYME, 1985; HENRY, 1810; MALBRANCQ, non daté). César évoque souvent dans la « Guerre des Gaules » ce pays de la Morinie où se succèdent forêts et marais (RAT, 1964). Mais la perception du littoral et des paysages est celle, avant toute chose, d'un militaire, d'un stratège, qui pouvait naturellement déformer l'image du cadre perçu en fonction de ses émotions ou de ses centres d'intérêts du moment (RENARD, 1987).

A. Maury reprend les descriptions de César et précise que les Morins se logeaient dans des forêts basses, des espèces de « jungles », pour harceler l'armée romaine. Près du littoral, « *les arbres n'offraient plus la même élévation, les fourrés la même épaisseur; on rencontrait seulement une suite de buissons, de halliers ³ poussant sur un sol marécageux » (MAURY, 1867, p. 55). Les forêts littorales avaient donc à cette époque des allures de forêts marécageuses. Plus loin, A. Maury ajoute que les eaux de la mer en faisant irruption à travers les dunes ont gagné les forêts elles-mêmes. A. Ferdière parle d'un « *avancement des dunes au début de l'époque romaine dans l'estuaire de la Canche* » (FERDIÈRE, 1988, p. 35).*

Dans sa présentation géographique de la Morinie, R. Delmaire montre qu'il s'agissait d'une forêt-défense ou forêt-refuge utilisée par les Morins pour se retrancher; une forêt faite d'un entrelac de branches basses et de ronces pour gêner la pénétration de la cavalerie ou des légionnaires (DELMAIRE, 1976 et 1994).

La nature des espèces végétales rencontrées est rarement précisée.

¹ Dr Ovion Fils: « Découverte de pilotis dans la tourbière ouverte au sud du château d'Hardelot », in Bulletin de la Société académique de l'arrondissement de Boulogne-sur-mer, T 9 (1910-1912), 1912, p. 372-373.

² Pellafile est une expression d'origine italienne: deux mots italiens, palla (pelle) et fitto (fiche), dans le sens de pièce de bois enfoncée que découvre la pelle (VERLEY, 1978).

³ Hallier: ensemble de buissons, peuplements d'arbustes et de petits arbres (formation climacique lorsque le sol est peu profond et pauvre) (PLAISANCE, 1959, p. 130).

Pline l'Ancien décrit un littoral du Nord ¹ « *occupé par des chênes forts impatients de croître; minés par les flots ou poussés par les vents* » (ANDRE, 1962, p. 23).

C.Jullian évoque l'if et le buis (origine artificielle ?) et signale que le chêne et le pin se rencontraient sur le littoral dans des proportions différentes de celles de maintenant (JULLIAN, 1993).

La végétation littorale a été abordée par différentes méthodes ou démarches qui me paraissent **complémentaires**.

La palynologie se révèle très fiable mais son caractère ponctuel oblitère la possibilité de généraliser les résultats obtenus à l'ensemble de notre territoire. Elle a démontré l'originalité du milieu dunaire qui exerce une pression de sélection très forte sur le matériel ligneux. La palynologie a montré que la forêt disparaît ou devient très discrète à partir du Subatlantique alors que la végétation de « panes » se développe. De plus, pour le littoral du Nord de la France, il ne semble pas y avoir eu de forêt aussi structurée qu'aux Pays-Bas; le hêtre, en particulier, est presque insignifiant.

Bien qu'ils soient fragmentaires et pas toujours objectifs ², les premiers témoignages humains complètent plus simplement les argumentations. Le problème est de relier toutes les informations dans un cadre chronologique précis.

A partir du Moyen Age, les sources historiques encore incertaines ou floues deviennent incontestablement plus nombreuses.

Le but des développements suivants n'est pas de réaliser un travail d'historien car cela supposerait de faire des dépouillements d'une masse impressionnante d'archives. Plus modestement, il s'agit plutôt de comprendre pourquoi l'homme a boisé; pourquoi la dynamique végétale s'est brusquement transformée; pourquoi, quand, sous quelles impulsions et selon quelles modalités un territoire « vide », asylvatique, s'est véritablement métamorphé.

¹ Le littoral du Nord en question correspond ici à l'ancienne Germanie.

² Les descriptions de A.Maury appellent une grande prudence dans les interprétations.

Chapitre IV. LES FORETS LITTORALES DU NORD DE LA FRANCE: DES CREATIONS HUMAINES

A. LE TERRITOIRE DE LA GARENNE: LE SABLE NU AVANT LES ARBRES

1. La perception des dunes jusqu'à la fin de l'Ancien Régime: des espaces peu recherchés suscitant l'angoisse des hommes

Jusqu'à la fin de l'Ancien Régime, les dunes font partie du domaine public, elles sont désignées dans les actes qui en font mention « garennes royales ». Cependant, des concessions existent (souvent à perpétuité) et les garennes du roi sont fréquemment divisées en grandes propriétés puis données en accensement ¹ aux seigneurs et aux comtes (BERTHE *et al.*, 1992).

Le seigneur, titulaire du **droit de garenne**, ² peut donner à cens quelques portions de « son domaine » à différents habitants de la paroisse; les vassaux occupent les terres à la seule condition de les entretenir et de les protéger contre les envahissements de la mer et du sable. Les communautés villageoises jouissent sous certaines conditions de droits d'usages sévèrement réglementés. Les seigneurs touchent des redevances régulières sous la forme de charges pécuniaires ou de prestations en nature.

Les terres peuvent également être cédées à des établissements monastiques comme les abbayes. Dans la garenne de Cucq ³, de lourdes pénalités sont données pour celui qui laisse errer dans les dunes des chiens ou qui y circule avec des attelages (KAPFERER, 1991).

Peu de précisions existent sur la **perception** et l'**utilisation** de ces milieux dunaires par les sociétés littorales.

¹ Un exemple d'accensement: la garenne de Dannes. En 1781, la garenne du roi est donnée en accensement à Mr de Campagno, sénéchal du Boulonnois. La garenne mal entretenue causait d'innombrables préjudices aux propriétés voisines; les villageois y mettaient leurs bestiaux paître (BERTHE *et al.*, 1992).

² Ce droit porte sur l'appropriation et la gestion du territoire de la garenne. Il offre également la possibilité pour l'ayant droit de créer une réserve à lapin et lui permet de pratiquer, à titre exclusif, l'exercice de chasse et de pêche. Ce droit de garenne fut supprimé dans la nuit du 4 août 1789 (JESSENNE *et al.*, 1989).

³ Au XII^{ème} siècle, l'abbaye de St-Josse avait un droit de volerie dans les dunes de Cucq (droit de chasser avec l'aide des oiseaux de proie) (HARBAVILLE, 1992).

La carence des sources écrites dure jusqu'au XVIII^{ème} siècle; il semble que la dune ait été mal intégrée dans le monde du Moyen Age...personne ne se souciait d'un espace indéfinissable voué à l'inutile.

Il faut attendre les XII^{ème} et XIII^{ème} siècles pour que soient portés dans les anciens textes latins du Moyen Age les mots **dune** et **garenne** sous différentes formes écrites (BALDINGER, 1974).

Les auteurs ne s'accordent pas sur l'étymologie¹ du mot garenne mais tous s'entendent pour lui donner le même sens (idée de défense et de protection). G. de Guislain a beaucoup travaillé sur ce sujet et propose de se rattacher à l'étymologie allemande (« warren »: défendre) avec un radical war indiquant la notion de défense ou de prohibition. L'évolution linguistique a conduit le radical war à se transformer dans les textes latins en « gv » ou « ga », puis en « g » prononcé dur devant la voyelle a (DE GUISLAIN, 1977).

Dès le Moyen Age, les garennes² méritent l'appellation de **territoire** en ce sens qu'il y a déjà des sentiments d'appartenance et d'appropriation de l'espace.

L'espace « vide » est aussi un espace vécu qui tient à la projection des structures spécifiques d'une autorité (droits de la couronne ou autorité seigneuriale) ou d'un groupe humain (droits d'usages des communautés villageoises).

Même s'il est mal connu et peu recherché, le territoire de la garenne est mesuré, partagé en tenures et « aménagé »; il est un support de l'identité individuelle (roi, seigneur) et collective.

La mobilité des massifs dunaires a toujours effrayé. La difficulté de limiter l'espace dunaire est à l'origine de nombreux conflits. Aussi, dès le XIII^{ème} siècle, les dunes sont **cerquemannées**³: elles sont bornées et mesurées; des travaux d'arpentage permettent de fixer des limites⁴ et de faire des divisions. Ce droit de bornage était accordé aux seigneurs,

¹ Les étymologies du mot garenne sont nombreuses: le bas latin médiéval « warena » (BLOCH *et al.*, 1989, p. 287 et GODEFROY, 1884, p. 226); l'allemand « warren », le breton « goaren » ou « gourer » (DE GUISLAIN, 1977, p. 119); le gaulois « varros » (piquet) (REY *et al.*, 1990, p. 834) ou « varena » (terrain enclos de pieux) (PICOCHÉ, 1992, p. 233).

² Au Moyen Age, la dune apparaît souvent confondue avec un territoire de chasse réservé, celui de la garenne: « *La garenne présente avec la dune une sorte de synonymie par superposition de l'espace, de l'usage et du droit* » (KAPFERER, 1979, p. 20).

La garenne constitue une réserve à lapins. C'est un espace protégé et réglementé ayant une forte connotation de prestige pour les seigneurs (ARNOLD, 1994). Notons qu'en Picardie, le nom a parfois subi un transfert de sens pour désigner la mauvaise terre calcaire (DEBRIE, 1989, p. 7).

³ Les cerquemaneurs sont les mesureurs (GODEFROY, 1883).

⁴ Il semble que les dunes du Nord de la France n'aient renfermé principalement que des garennes « ouvertes » dont les limites étaient simplement matérialisées par des fossés ou des bornes. Même si on parle fréquemment d'espace clos, les limites ne sont pas totalement infranchissables et les lapins peuvent s'échapper et constituer une menace permanente pour les terres voisines et l'agriculture des environs. Les garennes « ouvertes » se distinguent des garennes « closes » complètement fermées de murs ou de fossés plein d'eau et dont les lapins ne peuvent s'enfuir (DE GUISLAIN, 1977).

Le seigneur peut parfois accorder le droit de « cerquemaner »; « *...et bien voulons et otroions que les dunes soient cerquemannées* ».

Accord entre Mathieu, comte de Ponthieu, et l'abbaye de St-Riquier, à propos des garennes et dunes du Crotoy et de Mayoc et des marais près de Rue (Acte du 20 juin 1248) in BRUNEL, « Recueil des actes des Comtes de Ponthieu (1026-1279) », Collection de Documents inédits sur l'histoire de France, Paris, 1930, p. 515.

mais les paysans qui souffraient le plus de l'extension des dunes cherchaient également à les délimiter. Ces derniers avaient tout intérêt à circonscrire avec précision l'espace où s'exerçait les droits seigneuriaux car l'extension de la propriété seigneuriale, à cause du vent d'ouest, se faisait toujours aux dépens des terres de la communauté paysanne. Mais, dans de tels milieux, les aménagements et les délimitations étaient toujours difficiles à réaliser ¹. C'est au cours de cette période (et peut-être avant ?) que naissent les premières tentatives de **fixation des dunes**.

Dans un souci de se prémunir contre tout ce qui menace leur autonomie économique, les hommes ont donc cherché à maîtriser cet espace en le fixant et en le délimitant.

Dans ce territoire « mise en défens », le **pâturage** existe mais il est sévèrement contrôlé et soumis à des taxations. En 1310, Edouard III, roi d'Angleterre et comte de Ponthieu, envoie au roi de France des milliers de lapins et accorde dans le même temps aux habitants du Mayoc et du Crotoy un droit de pâturage pour leurs bestiaux sur les garennes du bord de mer (KAPFERER, 1991). Ce même droit est accordé en 1318 par le comte de Boulogne aux hommes de Condette pour les dunes situées près du château d'Hardelot.

Même si les dunes demeurent répulsives jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, elles ne sont pas abandonnées à elles-mêmes ² et deviennent parfois les sites de nouveaux habitats mentionnés dans les Actes écrits et les Annales monastiques du Moyen Âge.

Bien qu'alimentant peu de discussions et suscitant moins d'attrait que les **mollières** ou les **marais**, beaucoup plus intéressants sur le plan de l'exploitation rurale, les dunes ont également leur rôle à jouer ³ et forment, à juste titre, une composante majeure des paysages littoraux. Les mollières et les dunes ne connaissent pas la même évolution: les premières gagnent du terrain sur la mer, les secondes gagnent sur les terres labourées ou sur les pâturages.

Ce sont les caractères **fluctuant** et **menaçant** de ces milieux dunaires qui jouent en leur défaveur. Dans l'inconscient collectif, les dunes évoquent en « miniature » l'image de la montagne; elles susciteront jusqu'à leur stabilisation définitive au XIX^e siècle de la peur, de l'angoisse et de l'inconnu: « *L'émergence de quelque chose (mais quoi ?), voire même l'apparition d'un personnage non identifiable, ou encore un enlèvement, un engloutissement sous les sables étaient toujours possibles, et des souvenirs confus ou des légendes entretenaient ces craintes quelquefois justifiées* » (KAPFERER, 1991, p. 28).

¹ Un arrêt du Parlement se réfère à l'impossibilité pour les seigneurs de St-Valéry-sur-Somme « *de clore leur franche garenne d'un fossé profond de 4 pieds et de pareille largeur, à cause que le terrain étant sablonneux, il auroit été toujours fouillé par le lapin* », cf MAILLARD (A), 1756. « Coutumes d'Artois, p. 224, in BILLAUDAZ, 1994, p. 39.

² Les dunes sont même surveillées au XVIII^e siècle puisque des gardiens d'oyats sont institués à partir de 1783 (THELU, 1879).

³ « *On se sert des dunes pour délimiter des banlieues, on connaît mal l'étendue des dunes et les efforts faits pour en limiter l'extension vers l'intérieur [...] les hommes n'ont peut-être pas eu claire conscience de leur progression [...] des points fixes comme une grange comtale, des taxes levées sur les récoltes (roseaux, arbustes, racines ?) attestent une exploitation réelle et même agricole; mais c'est la chasse, réservée au comte, qui est reine: oiseau d'eau, perdrix, cerfs, lapins* » (FOSSIER, 1987, p. 149).

Peu de données existent sur la **végétation** de ces garennes.

En 1641, un acte concernant la seigneurie de Tingry évoque pour les garennes de Camiers des « *sablons et herbes en icelles...* » (KAPFERER, 1979, p. 20).

Dans sa présentation du cadre géographique du Marquenterre aux XII^{ème} et XIII^{ème} siècles, R.Fossier cache presque sous silence la couverture végétale, il parle de végétation arbustive dans les dunes mais s'interroge sur la véracité de cette affirmation en évoquant les « froks » ou « frustes » (bois près de Rue) mentionnés dans la charte de Rue (FOSSIER, 1987).

La végétation arborescente n'est guère indiquée; seul le **bouleau** est signalé autour de Berck¹. P.Billaudaz nous apprend que l'arbre (ou plutôt l'arbuste) servait vers 1300 de matériau de construction pour les chaumières berckoises; sa présence est confirmée par des **arguments ethnobotaniques**: « *Les bois flottés, les épaves, quelques troncs de bouleaux fournissent quatre traverses, souvent tordues et mal équarries, reposant sur quatre montants solides* » (BILLAUDAZ, 1978, p. 13).

La progression incessante des sables au cours des siècles représente un frein à la dynamique forestière, les arbres ne peuvent s'installer².

Aussi, à la fin du XVIII^{ème} siècle, le village de Merlimont, « *sans cesse couvert de sables est absolument stérile. Il n'y croit ni grains, ni légumes, ni arbres d'aucune d'espèce. Seuls quelques marais produisent des mauvaises herbes que les hommes sont obligés de disputer aux bestiaux pour en faire leur chauffage* »³.

La fin de ce siècle caractérise une période où la misère est très grande (BAILLON, 1791). Une partie des habitants de ce village s'évite la dépense d'acheter du bois ou de la tourbe pour se chauffer en allant dans les plaines couper à la faucille les oyats, ainsi que les saules nains (*Salix nana* ou *arenaria* cf *Salix repens* ssp *argentea*) et les épines (cf *Hippophae rhamnoides*).

Les témoignages écrits ont toute leur importance dans la « restitution » des paysages disparus; d'autres documents peuvent être utilisés avec profit pour compléter ce cheminement historique: ce sont les sources cartographiques, toponymiques et iconographiques.

¹ Beaucoup d'informations semblent converger pour confirmer l'existence du bouleau autour de la bourgade de Berck au Moyen Age. Nous verrons par la suite (*infra*, chapitre IV, A. / 2.4.1.) que l'étude toponymique du nom de lieu « berck » (cf « birkja » = boulaie; origine et évolution germanique) va également dans le même sens.

² Des arbres entiers enfouis sous les crocs sont signalés à Camiers in « Boulogne-sur-mer et la région boulonnaise », Association Française pour l'Avancement des sciences, 1899, Boulogne-sur-mer, p. 357.

³ « Mémoire sur délibéré pour les maires, officiers municipaux et notables composans le conseil général de la Commune de Merlimont... intervenans ayans pris le fait et cause de 29 particuliers assignés, appellants, demandeurs et défendeurs contre Louis-Marie-Francois de Forceville demeurant ordinairement en la ville de Montreuil, intimé, défendeur et demandeur ».

Amiens, impr de J.B.Caron, 1792, in-4°, Arch. dép. Pas-de-Calais, Arras, 40 p, C 1027³².

2. Les sources cartographiques et toponymiques

2.1. Les cartes du Boulonnais antérieures au XVIII^{ème} siècle

Les premières cartes du littoral naissent au moment où apparaissent les premiers « géographes » qui mériteraient plutôt l'appellation de cartographes (BOUSQUET-BRESSOLIER, 1995; DE DAINVILLE, 1964).

Sur ces cartes quelques détails sont donnés pour que l'on puisse reconnaître le rivage sans trop de difficultés: le détail des côtes, les rades, les embouchures des rivières, les bancs de sables...

Il importe de noter, pour toutes les cartes antérieures au XVIII^{ème} siècle, que beaucoup de détails planimétriques ne sont pas représentés à l'échelle; aussi les routes, les estuaires, les rivières ont pu être amplifiés pour paraître plus expressifs.

D'autre part, beaucoup de cartes établies sans échelle consistent en une représentation perspective assez imprécise du terrain. Le terrain est représenté tel qu'il apparaît à vue à une certaine distance et dans une position donnée.

C'est le cas de l'anglais **John Rogers** lorsqu'il réalise en mai 1546 le Boulonnais vu d'un navire en mer (MOCQUOT, 1987). Bien que le document soit fourni avec une échelle, des oublis (absence d'orientation; certains lieux-dits comme Ambleteuse ou Ecault ne sont pas indiqués) et des erreurs importantes sûrement imputables au mode de représentation en perspective sont notées notamment pour le tracé des sources et des cours supérieurs des rivières de la Liane et de la Slack. Cependant, la forêt d'Hardelot est mentionnée et les dunes de la Slack sont dessinées (fig. 15).

La carte de **Nicolas de Nicolay** est publiée en 1558 sous le titre « Carte et description géographique du Bolonois, Terres d'Oyes et Pays Conquis par le Commandement et Commission du Roi Henri II » (fig. 16). Sur cette carte, plus exploitable que la précédente, se détache bien l'extension des systèmes dunaires; les petits estuaires, jadis importants pour l'économie locale, sont cartographiés comme ceux situés près de Dannes et d'Hardelot. Cette carte est aussi plus complète que celle de Rogers notamment pour l'indication des lieux-dits.

Beaucoup de réalisations cartographiques des XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles sont publiées dans des Atlas, sorte de recueils généraux de cartes (COACHE, 1891; JACOB, 1992; JOLY, 1994).

Ortelius eut le premier l'idée de réunir les cartes qu'on publiait jusqu'alors isolément. Son théâtre de l'Univers est le premier atlas connu. Très influencé par les théories astronomiques de Ptolémée, Ortelius a produit des cartes fort inexactes et peu exploitables.

Nicolas Sanson, géographe ordinaire de Louis XIII, nous fournit une carte plus intéressante (fig. 17). Nous pouvons remarquer la présence de certains bois sublittoraux qui ne figurent pas sur des cartes plus récentes; le toponyme « Les Salins » semble montrer que l'exploitation du sel marin n'était pas encore éteinte à cette époque.

La carte antérieure au XVIII^{ème} siècle est parfois difficile d'interprétation car elle n'est pas accompagnée de légende.

Toutefois les bois sont assez bien délimités, des signes conventionnels (représentation de la silhouette arborescente) évoquent les arbres et les forêts. Les dunes sont également faciles à localiser, le dessinateur choisit souvent une trame simple (procédé de l'estompage) traduisant une impression de relief ou de montagne.

2.2. Cartes et plans du XVIII^{ème} siècle

2.2.1. La carte de Cassini, première carte topographique de France ?

Composée de 180 feuilles, la **carte de Cassini** est indéniablement une oeuvre scientifique de grande ampleur (PELLETIER, 1990).

Se basant sur des données mathématiques et sur un recensement toponymique¹, cette carte est à la fois « générale » car elle couvre tout le pays et « régionale » puisqu'elle est au 1/86400, échelle voisine du 1/100000 habituellement réservée pour les cartographies régionales.

La carte est appuyée sur des opérations géodésiques, mais la petitesse de l'échelle ne rend pas réalisable la représentation des formes réelles du terrain; ce n'est donc pas une carte topographique, il n'y a pas de nivellement à la base.

La carte de Cassini comporte des imperfections (DAINVILLE, 1955): des voies de communications (en particulier les chemins) sont oubliées, le relief est dessiné de manière très inexacte, il n'y a pas d'indication d'altitude. Cassini ne répertorie et ne représente que les éléments géographiques qui ont une certaine utilité².

La géographie de la végétation et des cultures est traduite par des figurés ou des signes conventionnels peu lisibles.

Contrairement à d'autres documents (cartes ou plans), le tracé du système côtier semble correct. L'auteur a respecté dans sa cartographie l'orientation et le tracé du trait de côte, il n'y a pas de démesures ni d'exagérations frappantes.

La carte du littoral (levés de 1756) donne de précieuses indications sur l'emplacement des différentes **garenes dunaires** (fig. 18). Les Corps de Garde de l'Anse au Beurre, de l'Anse à l'Avoine, de Danes ruiné traduisent l'omniprésence de l'activité militaire à cette époque. Les étangs indiqués à l'ouest de Camiers et à l'ouest de Trépiéd n'existent plus sur les cartes actuelles.

Le village de Rombly enseveli par les sables et disparu depuis 1646 apparaît encore sur la carte (« **Rombly couvert par les sables** »). Tout à proximité est localisée la garene

¹ ANONYME, non daté. Trois siècles de cartographies en Picardie, C.R.D.P., Amiens, 55 p.

² « Ce que vont reprocher les utilisateurs de la carte de France, c'est l'omission de certains objets: châteaux, fermes, petits ruisseaux, chemin, bois... » (PELLETIER, 1990, p. 105).

d'Etaples et la végétation de hêtre est suggérée par le toponyme « Maison de la **Garenne de Faïel** »¹. Les dunes sont traversées par quelques ruisseaux, des plantes aquatiques comme le jonc environnent ces petites rivières (cf « Ruisseau du Platon à Jon »). L'activité agricole des garennes, discrète à cette époque, est signalée par les nombreux moulins.

La carte de Cassini, essentielle pour la compréhension de la géographie du littoral du Nord de la France au XVIII^{ème} siècle, peut être complétée par d'autres documents cartographiques de valeur très inégale.

2.2.2. Autres sources cartographiques du XVIII^{ème} siècle

L'activité militaire très présente dans les dunes au XVIII^{ème} siècle et les nécessaires aménagements qui l'accompagnent sont aussi traduites sur une carte ou plutôt un plan de la baie d'Etaples établi en 1804 à l'échelle du 1/10000².

Sur ce plan sont visibles les lieux d'implantation des différentes batteries établies pour la défense des mouillages, un fort défensif et des pilotis pour amarrer les bâtiments de la flotille. Une mare d'eau importante est signalée entre Camiers et Dannes, des hélophytes sont dessinés au sud de l'estuaire.

Le plan mentionne également dans la dune au nord d'Etaples les toponymes « Vigie du plat buisson » et « chemin de fayelle » (cf hêtre).

La carte des environs d'Abbeville et de Montreuil (fig. 19) est assez peu exploitable, les inexactitudes sont trop nombreuses.

Le tracé de la côte est très approximatif; la carte mal proportionnée montre une côte exagérément découpée, l'embouchure de la Somme semble disproportionnée. Les marais s'étendent très à l'intérieur des terres. La localisation de la forêt de Crécy (ici située au sud de Noyel-sur-mer « ruiné ») paraît douteuse.

L'insalubrité de la région est notée par le toponyme « La Palu » près de Cuque.

Sur la carte du Pays du Marquenterre (1758), les inscriptions « Corps de Garde » confirment bien que les dunes restent encore au XVIII^{ème} siècle le théâtre d'opérations militaires (fig. 20)³.

L'activité agricole est signalée par la présence des moulins, les chemins d'accès à la mer tracés à travers les dunes sont des **voies de passage pour le bétail** (cf « voye à Baudet »).

¹ La question de la présence du hêtre dans les garennes dunaires est posée...

² Carte de la Baye d'Etaples et de ses environs (levée par le chef de Bataillon du Génie, les capitaines Warengien, Declos et autres officiers du Génie employés au Camq de Montreuil pendant les mois de Nivôse et Pluviôse An XII (1/10000 environ), Arch.Dép.Pas-de-Calais, 2 Mi 73 / R 1.

³ Les emplacements des infrastructures militaires (Corps de Garde, Batterie, Redoute, Magasin à poudre...) sont la préoccupation première des topographes militaires (qui travaillaient à l'époque pour le roi de France). La carte de la « côte du Boulonnois depuis le cap Blannez jusqu'à Etaple » (1/28800; datée de 1705), consultée au musée Quantovic d'Etaples, montre précisément la localisation de toutes ces infrastructures.

La Maye, très aménagée (digue, écluse), déploie dans sa partie terminale une embouchure très large. Le tracé de la côte, entre les deux estuaires de l'Authie et de la Somme, a une orientation comparable à l'actuelle.

Beaucoup de microtoponymes (lieux-dits) ont disparu, d'autres subsistent encore sur l'édition récente de la carte de Rue au 1/25000 (« Le Bout des Crocs », « La Patûrette »...).

La carte en couleur du « Boulonnais depuis le cap Blanc Nez jusqu'à Etaples »¹, élaborée en 1761 par Beauvilliers (1/29000), est la seule représentation du XVIII^e où l'auteur a utilisé un petit dessin figuratif (signes naturels symbolisant la silhouette de l'arbre ou de l'arbuste) pour faire apparaître la **végétation ligneuse** dans les garennes.

D'autres cartes publiées dans le petit Atlas maritime,² pour la plupart non datées, sont plus difficilement exploitables.

2.3. Les progrès cartographiques du XIX^e siècle

2.3.1. La carte d'état-major

Destinée à remplacer la carte de Cassini devenue insuffisante, la **carte d'état-major** est envisagée sous l'Empire, conçue et entreprise sous la Restauration (STEINBERG, 1990).

Les différentes feuilles, levées sur le terrain par les officiers d'état-major de 1818 à 1881 furent publiées à l'échelle du 1/80000. Elles sont plus complètes et précises tant du point de vue planimétrique qu'au point de vue altimétrique.

A partir de 1889, les cartes apparaissent par quart de feuille (NW, NE, SW, SE) et sont même photographiées et agrandies au 1/50000.

Les éditions des cartes d'état-major de Boulogne et de Montreuil et celles de type 1889 ont été consultées avec profit de 1826 (manuscrit le plus ancien) à 1944.

La lecture des cartes d'état-major nous invite à formuler quelques remarques d'ordre général.

Au début du XIX^e siècle, pour mettre la côte en état de défense contre une éventuelle tentative d'invasion anglaise, l'Etat décida de poursuivre les **aménagements militaires** déjà commencés au siècle précédent.

¹ Carte consultée au musée Quentovic d'Etaples.

² Le petit Atlas maritime. Recueil de cartes et plans des quatre parties du monde. Cinquième volume contenant les Costes de France et les places maritimes sur l'océan et sur la Méditerranée, bibliothèque des Augustins d'Amiens, 1764, 131 cartes et plans. Voir en particulier pour notre littoral la carte n° 9 et les cartes n° 16 à 20.

L'emplacement de ces aménagements est précisé sur les cartes d'état-major. Les chemins d'accès à la mer desservant les corps de garde ou les batteries sont indiqués. Ces chemins ne furent pas supprimés même après la destruction du bâti militaire car les marins et les pêcheurs s'en servaient fréquemment pour traverser les garennes et accéder plus rapidement à la mer. Le **chemin à vaches** ainsi baptisé pour les vaches que l'on menait paître dans les garennes tracé de Berck-sur-mer jusqu'au rivage à la limite de Merlimont ou le chemin du Haut-Banc conduisant au Corps de Garde du même nom sont mentionnés sur une carte datée de 1826 (manuscrit au 1/40000) et sur les éditions des cartes d'état-major de 1833 à 1861.

Les différentes cartes permettent d'apprécier l'évolution du milieu dunaire en relation avec la progression de la couverture forestière ou avec d'autres faits géographiques comme l'urbanisation littorale.

Le travail géographique aurait consisté à rendre compte de cette évolution en la transcrivant de manière cartographique en établissant plusieurs cartes à des dates différentes. La nature des documents, le rendu cartographique n'étant pas encore exempt de défauts, ne nous a pas permis d'effectuer cette exercice fastidieux.

Cependant, grâce à la qualité supérieure de certaines cartes, nous nous sommes livrés à une cartographie sommaire du **secteur du Touquet** (fig. 21) pour analyser l'évolution de la forêt du même nom depuis sa création (dont il sera question par la suite) ou plus exactement sa première apparition sur les cartes d'état-major en 1890 jusqu'à la Seconde Guerre mondiale.

Les cartes sont parfois utilisées par les botanistes; l'examen des cartes vient confirmer les inductions que l'étude de la flore amène (BRANDICOURT, 1904).

Les progrès de la cartographie sont sensibles au XIX^{ème} siècle; aux cartes viennent s'ajouter des croquis¹ porteurs d'informations complémentaires.

Un croquis visuel daté de 1827 (fig. 22) montre que la voie à Baudet avait à l'époque toute son importance car elle servait non seulement de voie de passage et de parcours pour le bétail mais également d'élément de repérage pour la population locale qui savait pertinemment que d'un côté s'étendait la commune de Quend et de l'autre la commune de St-Quentin-en-Tourmont.

¹ Quelques plans à grande échelle ont été consultés à la bibliothèque municipale d'Abbeville. A la fin du XIX^{ème} siècle, on retrouve encore une forte prédisposition des auteurs à figurer les bâtiments et les équipements militaires.

Voir notamment:

- plan de la baie de Somme levé en 1878 par M.G.Heraud, Ingénieur hydrographe et MM Bouillet, Favé et Gounier, Sous-Ingénieurs, assistés de MM Mion et La Porte, Elèves Ingénieurs, 1/25000, dépôt des cartes et plans de la marine, Bibliothèque municipale d'Abbeville, Hôtel d'Emonville, série iconographique (Fonds Macqueron);

- plan de la baie de Somme levé en 1865 sous la direction de MM Fremaux, Ingénieur en chef, 1/20000, Ponts et chaussées-Service des ports maritimes, Bibliothèque municipale d'Abbeville, Hôtel d'Emonville, série iconographique (Fonds Macqueron).

2.3.2.L'exploitation des plans parcellaires ou plans cadastraux

L'examen des vieux plans cadastraux accompagnés de leurs matrices permet d'obtenir des renseignements très précis sur l'occupation du sol à une date donnée (MAURIN, 1990).

La tâche s'avère particulièrement ardue si l'on s'aventure à utiliser la méthode du cadastre pour retracer l'évolution des dunes et de leurs couvertures végétales depuis Boulogne-sur-mer à la baie de Somme.

La lourdeur des documents et des lacunes imposent une réflexion et un travail à une échelle locale, c'est-à-dire **communale**.

Nous nous sommes intéressés à la commune de **Merlimont**; la consultation de plusieurs plans cadastraux a permis de saisir l'évolution foncière du lieu en rapport avec la dynamique des dunes et de la végétation.

Un plan cadastral de facture très moyenne, daté du 15 octobre 1806, propose une répartition et un classement des parcelles du territoire communal. Ce plan parcellaire est divisé en cinq séries (A, B, C, D, E) dont quatre (A, B, C, E) correspondent aux terrains situés à l'est du village de Merlimont: l'occupation du sol montre la présence des marais et l'existence de « Prés et Pâtures » autour du village et autour des hameaux d'Epy et de la Capelle. La série D se rapporte, en partie, à l'actuelle Réserve Biologique Domaniale: le plan montre l'absence de toute végétation. Le géomètre a repris dans son levé le dessin du modelé dunaire, des crocs sont indiqués (Crocq d'Hocquincourt) ¹ et le fort de la hanse au Beurre (ancien petit estuaire entre Berck et Merlimont, futur emplacement de Merlimont-Plage) se détache.

En 1873, un autre plan cadastral accompagné de sa matrice indique que la garenne formait à cette époque une propriété d'un seul tenant de près de 807 ha de « sables et prés » incluse dans la section D et appartenant au Comte Ernest Delahaye, maire de Merlimont (DEWAILLY, 1988).

Un nouveau plan cadastral révisé pour 1935 (5^e feuille de la section E, partie de l'ancienne 3^e feuille de la section D) témoigne des nombreux changements dans l'occupation du sol. L'examen des natures de cultures et de propriété réalisé à partir des numéros parcellaires montre que le territoire de la garenne est divisé en « **Landes** » (nomenclature cadastrale) auxquelles sont assimilés les terrains sans valeur (dune vive, dune faiblement

¹ Ce crocq servait à l'époque de repère et de délimitation de la garenne

« Le maréchal d'Hocquincourt fit construire une pyramide qui servit de borne à la garenne de Merlimont. Cette pyramide disparut sous les sables et le crocq qui se forma se nomma le crocq d'Hocquincourt: il délimitait les quatre territoires de Berck, Epy, Verton et Merlimont » in « Dictionnaire historique et archéologique du département du Pas-de-Calais. Arrondissement de Montreuil, Commission départementale des Monuments historiques, 1875, p. 344.

embroussaillée) et en « **Bois taillis** »¹. Les principales mares qui donnent lieu à une imposition sont également représentées et affectées d'un numéro parcellaire. Sur ce document figure également l'ancienne ligne de chemin de fer communal qui desservait Berck à Paris-Plage par Merlimont (B.P.-P.P.: Berck-Plage-Paris-Plage). Sa localisation en bordure de dunes rendit son existence plutôt éphémère: constamment perturbée par les apports sédimentaires charriés par les vents marins, sa suppression fut décidée par le Conseil Général du Pas-de-Calais en 1928 (GONSSEAUME, 1995).

En 1938, une partie de la garenne de Merlimont est rachetée par l'industriel roubaisien E. Motte qui vient partager la propriété avec la famille Lambert. D'après les observations d'E. Motte en 1938/1939, les bois s'arrêtaient approximativement où se trouve aujourd'hui la maison du garde avec quelques boqueteaux autour de la mare avoisinante.

La consultation des planches cadastrales montre que le territoire de la garenne pouvait encore servir d'**espace usager** et nourricier avant la guerre, il permettait aux villageois de trouver des compléments de ressources pour eux-mêmes (bois de feu) et surtout pour leurs troupeaux (pacage extensif).

Lorsque les autres sources font défaut, le plan cadastral constitue un véritable secours pour le géographe.

Sa fonction principale est la description graphique des biens. En effet, le plan définit graphiquement la complexité de l'agencement parcellaire des propriétés. Les subdivisions en sections, lieux-dits et parcelles sont très utiles pour analyser cet agencement.

Parfois difficile d'interprétation, le plan parcellaire permet un suivi dynamique en étudiant les changements dans l'occupation du sol pour un territoire donné. Dans l'exemple de Merlimont, il fournit des détails sur le morcellement de son territoire communal et donne, pour une même propriété, sa subdivision en zones de nature de cultures différentes (Lande, Bois...) et la représentation de l'emprise au sol des bâtiments, des mares et d'infrastructures diverses (voie ferrée...) qui y sont édifiés.

Bien que le nom et la délimitation des lieux-dits soient indiqués, le plan renferme assez peu d'indications toponymiques et microtoponymiques.

L'analyse du sens de ces toponymes, lorsqu'ils sont confrontés à d'autres sources de renseignements, est de nature à servir l'histoire du peuplement du milieu dunaire, l'**ethnographie** ou l'**ethnobotanique**.

Force est de constater que la toponymie est une discipline exploitable même si elle doit être insérée dans une étude pluridisciplinaire.

Elle peut être étudiée en elle-même pour analyser, par exemple, l'origine d'un nom de lieu. Mais une étude précise est délicate, les certitudes laissent souvent place aux suppositions, une grande prudence est exigée.

Cependant, le caractère historique de cette discipline mérite qu'on s'y attarde un peu. D'ailleurs, l'étrangeté et la complexité des milieux dunaires ont toujours suscité la

¹ Dans la classification de la nature des cultures proposée par le Service du Cadastre, les bois correspondent aux terrains occupés par des arbres, arbustes ou arbrisseaux principalement exploités en vue de la production ligneuse.

création d'un grand nombre d'appellations. Certains documents, notamment des plans de garennes, sont porteurs d'informations toponymiques et microtoponymiques très intéressantes.

2.4. Contribution de la toponymie et de la microtoponymie pour une meilleure connaissance du milieu dunaire

La toponymie est une source d'information intéressante pour le géographe. Les interprétations des noms de lieux permettent de retracer les étapes et les dynamiques des relations entre les **sociétés** et les **couvertures végétales**. Mais l'exploitation de la toponymie n'est pas chose aisée, elle requiert une grande prudence, les erreurs d'interprétation sont nombreuses. La recherche toponymique n'aboutit pas toujours à des certitudes sur les formes et le sens primitif des noms de lieux. En effet, les formes écrites ou parlées de ces noms évoluent avec le temps. Les dénominations des lieux habités changent fréquemment avec la venue de nouveaux habitants. Les évolutions phonétiques sont complexes, les différentes langues parlées successivement ont pu laisser chacune un héritage des noms de lieux (CARTON *et al.*, 1991; DESMULLIEZ *et al.*, 1988).

Aussi, pour notre travail de recherche, une étude toponymique exhaustive est hors de question, elle supposerait des connaissances linguistiques approfondies et une bonne maîtrise de l'évolution des langues dans leur forme parlée et leur orthographe; nous nous limiterons à formuler quelques remarques générales puis à étudier un exemple non dénué d'intérêt, celui de **Berck**. Enfin, nous aborderons la **microtoponymie**, discipline moins aventureuse et plus facile à manier et verrons son exploitation pour compléter la connaissance du milieu dunaire et de sa végétation.

2.4.1. Toponymie et végétation littorale

Les dictionnaires topographiques constituent de bons instruments de travail pour aborder une étude régionale sur les noms de lieux (LONGNON, 1920-1929; LORIOT, 1975). C'est à partir de la seconde moitié du siècle dernier qu'apparaissent des ouvrages de toponymie exploitables comme le dictionnaire topographique de l'arrondissement de Boulogne-sur-mer de l'abbé Haigneré daté de 1881 ou le dictionnaire topographique du département du Pas-de-Calais du Comte de Loisne publié en 1907.

En étudiant la racine des mots, on s'aperçoit de la diversité des couches toponymiques.

Toute la région côtière qui nous intéresse est formée de noms de lieux aux origines très variées. L'apport germanique est indéniable mais d'autres couches viennent se mêler comme la couche celtique ou préceltique (cf origine de Cucq, racine cuc appartenant à un substrat laissé par une langue préceltique).

Certains noms de communes littorales nous fournissent des informations sur la végétation.

Il ne paraît pas y avoir d'équivoque sur l'origine du hameau d'Ecault. Dénommé Hécout en 1109, Hecolt en 1208 puis Ecaut en 1390, le vocable est formé sur un nom d'arbre, le **chêne** (« eik » en flamand et « eiche » en allemand) et témoigne de l'existence d'un parler flamand dans la région de Boulogne au Moyen Age (NEGRE, 1990). Le « bois de chênes » d'Ecault (« Hout » évoque le bois en flamand, « holt » est la traduction hollandaise ou anglo-saxonne) fut, semble-t-il, défriché par les moines de Samer qui en conservèrent la seigneurie jusqu'en 1790¹.

Le village Lefaux et son hameau Le Fayel, situés à 3 km au nord d'Etaples près du célèbre Rombly envahi par les sables au XVII^e siècle, rappellent le suffixe d'origine latine Fay et prouvent sans conteste l'ancienneté de la présence du **hêtre** dans ces lieux; mais s'agit-il du hêtre de garennes ?

Les hypothèses sur l'origine de Berck sont pléthoriques, elles se chiffrent à plus d'une demi-douzaine.

Même si la plupart des auteurs s'accordent pour attribuer à Berck une origine germanique, l'étymologie du vocable pose problème et impose un réel débat.

La tâche n'est pas facile d'autant plus que le nom de lieu a connu plusieurs transformations de son orthographe au cours des siècles².

Il s'agit d'abord de mettre à l'écart certaines étymologies fantaisistes prônées par les non spécialistes³.

Durant notre premier millénaire, les peuples de langue germanique (Francs, Saxons...) ont occupé le littoral du Nord de la France, ces peuplades ont eu le temps de s'implanter et de former une sorte de « strate toponymique » (NEGRE, 1987 et 1990).

C.Rostaing dénonce les dialectes flamands d'origine germanique et propose la version « berg », montagne ou hauteur située à proximité du village (ROSTAING, 1992). Cette première hypothèse est retenue par plusieurs auteurs dont A.Vincent⁴, L.Ricouart⁵, A.Dauzat (DAUZAT *et al.*, 1978) ou A.Coursier. Ce dernier précise que cette appellation aurait été donnée par les habitants de Waben à une colline de sable qui se trouvait sur le littoral (COURSIER, 1982).

¹ Dictionnaire historique et archéologique du département du Pas-de-Calais. Arrondissement de Boulogne. T II, ed. Culture et Civilisation, Bruxelles, 1978.

² Les formes anciennes du nom de lieu sont considérables: Berc: 1215, Bierk: 1282, Berk: 1311, Berch: 1342, Le Havre de Bercq: 1426, Berck-sur-la-mer: 1545, Le Havre des Berg: 1640, Berg-sur-mer: 1739 (DE LOISNE, 1904).

³ Citons, entre autres, « berguette » (petite barque), « bergue » (marais)... (MENUGE-WACRENIER, 1987) (DE LHOMEL, 1913).

⁴ Vieux haut allemand « Berg », montagne ou mont (VINCENT, 1937, p. 142).

⁵ « *Le village de Berck situé à plus d'un km de la mer a profité, comme Merlimont, d'une élévation de terrain qui le mit à l'abri des eaux et des sables envahissants. Berck est Berg la montagne.* » (RICOUART, 1891, p. 516).

Cette supposition ne fait pas l'unanimité puisque d'autres chercheurs ont abouti à des conclusions différentes. M. Gysseling, auteur d'un remarquable ouvrage de référence, n'est pas un novice en la matière, il ne refute pas l'origine germanique mais affirme que le nom de lieu viendrait de birkja « **boulaie** », collectif de birko « **bouleau** » (GYSSSELING, 1960). E. Negre confirme cette proposition dans une publication plus récente ¹.

Cette seconde hypothèse est également émise par A. Coursier qui donne ici sa deuxième version sur l'origine du nom de lieu: la présence saxonne attestée sur le littoral avant l'an mil est en faveur du « beorc » saxon ².

E. Dutertre-Delevieuse soutient aussi la thèse du bouleau saxon mais s'interroge sur la véritable provenance du nom: s'agit-il du friso-saxon parlé par les frisons et les saxons de l'ouest d'où sont sorties les langues néerlandaises et flamandes ou de l'anglo-saxon ³ qui donna plus tard naissance à l'anglais moderne ? Quoi qu'il en soit, E. Dutertre-Delevieuse est affirmatif en soulignant « *qu'aujourd'hui encore, en flamand et en hollandais, berk ou berke signifie bouleau* ⁴ » (DUTERTRE-DELEVIEUSE, 1922, p. 6). La présence du bouleau autour de la bourgade de Berck n'est donc pas finalement étonnante et il est fort probable que « *sur l'emplacement actuel de Berck se trouvaient jadis des terrains incultes, marécageux et que le bouleau y prospérait...* ». Plus loin, l'auteur poursuit et devient plus prudent en précisant que « *la localité reçut son nom soit d'un bois de bouleau, soit d'un bouleau remarquable par sa taille ou son isolement* » (DUTERTRE-DELEVIEUSE, 1922, p. 7).

Bref, les suppositions et les dénominations ne manquent pas. Les défenseurs de la cause saxonne et du bouleau s'opposent aux tenants du berg germanique.

Quelle que soit la bonne hypothèse, l'origine germanique est prouvée et Berck doit son nom à des envahisseurs plus ou moins pacifiques attirés par les rivages du Nord de la France durant les premiers siècles de notre ère. Beaucoup de raisonnements convergent en faveur d'une désignation saxonne, le bouleau est cité plusieurs fois, les sources les plus fournies n'ont pas hésité à mentionner le végétal et l'éventualité de sa présence sur la côte berckoise autour de l'an mil doit être sérieusement retenue.

La forte densité toponymique des documents cartographiques témoigne de la diversité du milieu dunaire et des techniques mises en oeuvre pour l'exploiter et le mettre en valeur.

¹ Il y aurait « un bois de bouleau près du village ». Le berg « montagne » est exclu vu l'absence de tout relief (GYSSSELING, 1960 in NEGRE, 1990, p. 122).

² « *La présence saxonne sur le littoral avant l'an mil est attestée par de nombreux auteurs [...] A Waben, une butte artificielle conserve l'appellation de « mont de Here », du saxon Herra ou erra désignant une éminence boisée, un tertre broussailleux. Berck serait donc le point du littoral repérable pour les navigateurs saxons grâce à quelques taillis remarquables de bouleaux.* » (COURSIER, 1982, p. 12).

³ J.A. de Foucault (1960) donne une origine anglo-saxonne mais ne retient pas la proposition du bouleau: l'anglo-saxon offre beerg et berg et traduit la notion de protection et de refuge. Les berg ou berck côtiers signifieraient plutôt pour J.A. de Foucault une idée de refuge, de crique ou d'abri.

⁴ Le bouleau est traduit birch en anglais, bicke en allemand, et berk en flamand (BONNIER *et al.*, 1990).

2.4.2. Les plans de garennes et leur intérêt toponymique

Des plans parcellaires ou certains plans de garenne renferment de nombreuses **informations microtoponymiques**.

Les toponymes indiqués sur ces plans décrivent le lieu tout en le nommant. On nomme la dune d'après l'une de ses particularités, un élément de son paysage, de sa forme. Cette nomination permet d'isoler, elle génère la discontinuité et ponctue l'espace. Le toponyme individualise un lieu singulier que l'on extrait d'un espace dunaire globalement indifférencié au départ. Finalement, le toponyme est un opérateur fondamental dans le **découpage de l'espace** et représente la traduction spatiale d'une exploitation rationnelle et minutieuse des dunes.

Souvent les propriétaires prenaient soin de nommer explicitement chaque plus petite parcelle de leur terrain¹ : chaque accident de terrain, tout endroit caractéristique du paysage recevait une appellation spécifique (vallon, source, mare, buissons...). En effet, le propriétaire est aussi un cartographe qui se doit de désigner par des noms évocateurs les différentes parties de son domaine afin d'apporter quelques éléments de localisation, de repérage et d'information. Dans ces milieux dunaires où les déplacements n'étaient pas évidents, il importait d'avoir une connaissance précise du terrain, il était donc indispensable de connaître chaque recoin de la propriété.

Les propriétaires font preuve d'une attention toute particulière pour désigner les variations microtopographiques des dunes. La **microtopographie**, qui intervient de manière prépondérante dans la réussite des plantations, est toujours décrite avec les mêmes termes : fond (petite dépression humide), plaine, plateau, fosse, butte; certains d'entre eux sont sans équivoque (fond, butte...), d'autres laissent planer une certaine ambiguïté comme plaine ou plateau. Ces deux derniers termes, employés à une échelle locale, semblent se différencier par des différences d'altitude et d'humidité.

Les toponymes qui évoquent les formes du modelé dunaire (« croc » ou « panne ») ou le caractère inhospitalier des dunes (« gouffre ») résistent bien à l'érosion du temps.

Des appellatifs apportent des informations sur les infrastructures de circulation (voies de passage) ou sur la végétation existante. Certains noms donnent des renseignements sur la potentialité des sables (sable blanc, sable gris...).

Les **patronymes**, très présents également, montrent que les propriétaires se connaissaient entre eux et s'invitaient mutuellement dans leur propriété; ils entretenaient aussi des relations privilégiées avec des personnalités importantes de la région comme des artistes peintres ou des hommes politiques.

Les **zoonymes** font surtout mention du gibier d'eau et rappellent à notre mémoire la place importante de la chasse dans ces milieux; les aménagements cynégétiques sont généralement bien repérés, chaque mare a un nom spécifique.

¹ Voir notamment le plan des dunes de St-Etienne et Condette appartenant à Mr Alexandre ADAM publié en 1846. Ce plan est reproduit p. 39 dans notre mémoire de D.E.A. (PETIT-BERGHEM, 1992).

Aujourd'hui, beaucoup de ces appellations anciennes ont disparu, beaucoup de lieux-dits considérés fantaisistes et sans valeur ont été supprimés; d'autres, pourtant anecdotiques, sont encore présents sur les plans cadastraux ou les cartes topographiques de l'I.G.N.

Un plan du Marquenterre daté de 1913 a retenu notre attention d'autant plus qu'on peut lui accorder un double intérêt, microtoponymique et foncier (fig. 23).

Ce plan montre que nous sommes en présence de grandes propriétés, notamment au sud dans la commune de St-Quentin-en-Tourmont où les superficies sont supérieures à 100 hectares. Au nord, autour de Quend-Plage et Fort-Mahon-Plage, les propriétaires plus nombreux se partagent des petites propriétés inférieures à 100 hectares. Les propriétaires de dunes sont des **personnes physiques** (A.Adam, M.Petit...) ou des **personnes morales** (Société des Dunes de Somme, Société Bessart...).

Beaucoup de toponymes présents sur cette carte ne figurent pas sur l'édition récente de la carte topographique au 1/25000. Inversement, des toponymes indiqués sur cette dernière ne se retrouvent pas sur le document de 1913.

Le mot dune est souvent suivi d'un adjectif qualificatif ou d'un nom complémentaire qui peut évoquer sa forme (Dune « ronde », « carrée ») ou sa végétation (« Dune du Bosquet »). Les rivières (cf « La Maye »), les étendues marécageuses et les digues de protection des marais sont dessinées. A l'intérieur du domaine du Marquenterre (nous considérons ici le domaine exclusivement dunaire), dunes et bois sont différenciés.

Les cartographes ont accordé une place particulière à l'existence de la **végétation des garennes**: bois (cf « Bois du Pêcheur ») et broussailles (cf « L'accul du Buisson ») sont indiqués tels quels ou accompagnés d'un toponyme. Les bois mentionnés sont nombreux dans la propriété de Mr Achille Adam et dans celle de Mr de Berny à proximité de Routhiauville. Ils peuvent correspondre à des groupes d'arbres plantés pour l'agrément ou à des petits bosquets naturels, notamment ceux localisés dans la grande plaine (« La longue Plaine »). La densité du signe conventionnel semble varier avec l'épaisseur de ces bois.

Bien que ce ne soit seulement que les débuts du tourisme balnéaire, un morcellement foncier est déjà noté (notamment au sud de Fort-Mahon-Plage); des constructions commencent à se développer comme des hôtels ou des châlets ainsi que des infrastructures de transport (tramways). Cependant, certains toponymes, dont le sens est parfois équivoque (« Dune brûlée », « Le grand gouffre », « Le bout des crocs »...), rappellent que les dunes ont été (et restent encore en partie) des milieux instables et peu accueillants.

Les plans de garennes ne sont pas toujours des représentations cartographiques sur papier, il arrive parfois que des peintres aient pu restituer sur toile des paysages dunaires par représentation planimétrique par un travail remarquable d'adresse et de précision en respectant bien la réalité du terrain (fig. 24).

D'ailleurs, d'une manière générale, les peintures à huile ou les aquarelles ne doivent pas être mises à l'écart par les géographes qui peuvent en tirer quelques éléments d'informations.

En parcourant les dunes au XIX^{ème} siècle, les peintres immortalisent beaucoup de sites et des paysages végétaux de dunes en pleine transformation.

3. Les représentations picturales: une source iconographique exploitable

3.1. Les peintres naturalistes de Berck

Les réalisations picturales des artistes peintres de la Côte d'Opale sont pour l'esthète des productions artistiques de valeur et pour le chercheur des sources documentaires originales constituant des témoignages essentiels d'un lieu et d'un milieu déterminés.

La sensibilisation des peintres à l'égard du paysage dunaire éclate au XIX^{ème} siècle¹, un siècle qui reste, par excellence, le siècle du paysage (SERRE-FLOERSHEIM, 1994).

Les peintres séjournèrent nombreux sur la Côte d'Opale dans les années 1890-1900 suscitant une véritable école naturaliste tournée vers la mer et la vie des marins-pêcheurs. C'est la naissance du « **Naturalisme Marin** »: l'homme peint la réalité qui l'entoure, il a le souci de l'exactitude et fixe durablement n'importe quelle sorte de paysage, y compris un paysage banal dénué de toute majesté (BRIDENNE, 1990).

Irrésistiblement attirés par la beauté des dunes, les artistes immortalisent un nombre impressionnant de sites; les dunes sont « sur-représentées » avec toujours cette intention de reproduire la réalité objective en peignant une nature vivante et prise sur le vif (LAVEZZARI, 1978). Il s'agit d'un paysage authentique et non transformé ou recomposé par l'artiste.

Les musées municipaux de Berck et du Touquet recèlent de belles collections de tableaux... autant de vivants témoignages rappelant le passé d'une région côtière à la fin du siècle dernier.

Les peintres naturalistes privilégient dans leurs tableaux les paysages dunaires et les scènes de la vie maritime. 51 peintres ont fréquenté Berck entre 1860 et 1914 pour produire plus de 170 tableaux (BRIDENNE, 1987). Merlimont, Berck, Rang-du-Fliers, Equihen, Le Touquet sont les principales stations balnéaires visitées par les peintres.

Jan Lavezzari, Charles Roussel, en bons observateurs de la nature, n'ont pas hésité à représenter dans toute son authenticité le littoral avec sa végétation dunaire si particulière (DILLY, 1991; LESAGE, 1987).

¹ Les premiers documents iconographiques réellement exploitables sont les planches peintes par Charles de Croÿ et reproduites sous forme d'agrandissements photographiques dans les « Albums de Croÿ ». Ces albums sont une importante contribution à la topographie historique et à la géographie ancienne des villes et villages de la région aux XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles. Voir, par exemple, la planche n° 34 p. 100 du tome XX (DUVOSQUEL, 1989) montrant une vue de « Berques sur la mer » prise de l'est-sud-est en 1610.

Malheureusement les paysages peints ne peuvent pas toujours être utilisés avec profit par les géographes car souvent ils ne sont pas datés et localisés précisément par l'auteur. En effet, les artistes peintres n'ont pas le souci géographique de fournir des précisions sur l'emplacement du site choisi. Même sur les vastes vues découvertes ou les panoramas en grande largeur, les points de repère sont rares, l'orientation n'est pas indiquée et les grandes articulations du paysage ne ressortent pas suffisamment: il se pose rapidement le problème de la **perception** de l'espace et de la **dimension** de cet espace. Seule l'inscription du titre peut aiguiller le chercheur sur la localisation précise de la peinture. Lorsque c'est possible, il est souhaitable d'aller directement sur le terrain pour examiner le paysage actuel et retrouver les grands traits du paysage du passé. Cette démarche inductive consiste à reconstituer la réalité disparue grâce au raisonnement et en recourant à des documents iconographiques malheureusement trop partiels et hétérogènes. Ce travail très délicat l'est encore plus si le paysage originel dessiné a été modifié à tel point qu'il est devenu totalement bouleversé, transformé et donc difficilement restituable (fig. 25).

3.2. Des paysages végétaux propices aux inspirations

La végétation très particulière des dunes retient l'attention des peintres.

« *Les peintres ont su fixer sur leurs toiles les différents aspects que prennent les dunes en fonction de leur développement et de leur végétation* » (BRIDENNE, 1987, p. 132).

Les différents stades de l'évolution de la végétation dunaire sont représentés: c'est ainsi que les artistes nous font entrevoir la dune blanche, la dune grise, la dune à fourrés et la dune forestée.

Les paysages de la **garenne de Berck-Merlimont**¹ ont très bien été décrits par les « peintres naturalistes » de Berck, notamment par J.Lavezzari lorsqu'il a peint « les garennes de la Fresnay » (ancien lieu-dit de la commune de Berck) à la fin du siècle dernier. Sur cette peinture apparaissent panne, dune grise et dune boisée où se distinguent des bouleaux et des pins plantés. A cette époque, les garennes sont donc semblables à un patchwork de dune et de végétation naturelle ou plantée entre lesquelles s'insinuent des « pannes humides » avec des plantes aquatiques comme le roseau.

Lavezzari est avant tout un « homme de terrain » (DILLY, 1992), il représente aussi la végétation arbustive à dominante d'argousiers dans le « Corps de garde à l'Authie »².

« Le Paysage » de Nozal fait apparaître une dune grise suivie d'une dune boisée.

En représentant les arbres sur leurs toiles, les peintres respectent la réalité du lieu en peignant leurs colorations naturelles et leurs silhouettes telles qu'ils les ont vues et non

¹ C.Roussel évoque également ces lieux dans « La Route de Merlimont » (DELEAU, 1992, p. 85). On y remarque la présence de pins de bonne dimension.

² Le thème des dunes constitue le domaine de prédilection du peintre (DILLY, 1993). Le « Corps de garde à l'Authie, Echancrure dans les dunes, Les Pins, Chemins dans les dunes, Dunes au clair de lune »...autant d'oeuvres où la végétation est déclinée sous différentes variantes.

imaginées. Chaque touche est minutieusement travaillée, la précision du pinceau va jusqu'à évoquer la texture de la végétation herbacée, des mousses ou des lichens... Des peintres jouent sur la saturation des couleurs pour exprimer la décoloration des aiguilles de pins et par la même le dépérissement des arbres en bordure du littoral.

Les représentations picturales confirment la **présence de l'arbre** dans les dunes du Pas-de-Calais à la fin du siècle dernier.

Les oeuvres d'art compensent le manque ou la carence des sources écrites concernant les boisements réalisés dans les dunes dans certaines communes littorales. Mais d'autres boisements, plus spectaculaires et « médiatiques », ont fait l'objet de comptes-rendus, de rapports ou de publications conséquentes; ce sont les grandes réalisations sylvicoles du XIX^{ème} siècle.

B. L'AFFORESTATION DES DUNES: UN TRAVAIL DE LONGUE HALEINE

1. Les travaux préalables au boisement: la fixation des sables

La prise de conscience de la nécessité de se protéger contre la marche envahissante des dunes est très ancienne, elle débute réellement au **Moyen Age** pour s'amplifier à partir des **XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles**, période de grande instabilité climatique¹ marquée par la conjonction du recul de la mer et de l'ensablement du littoral consécutif aux tempêtes incessantes qui sévissaient alors.

Après s'être employées à fixer les sables au moyen de techniques rudimentaires peu probantes², les sociétés littorales se sont aperçues rapidement de l'efficacité de l'**oyat**, plante par excellence de la fixation des sables.

Durant les temps médiévaux, les hommes se préoccupent plus de lutter contre l'**eau** que contre le **sable**. L'époque médiévale marque le coup d'envoi des grands travaux de poldérisation (entre la Somme et la Canche); c'est la conquête de l'espace amphibie, les basses terres humides sont asséchées et colonisées au prix de toute une série d'oeuvres défensives (endiguements dès le XII^{ème} siècle dans le Marquenterre) (FURNE, 1899 a; RENARD, 1987).

Cependant, les dunes ne sont pas totalement ignorées. Les chartes de commune apparaissent dès le commencement du XIII^{ème} siècle, elles contribuent à unir les paysans

¹ L'extension des dunes est continue depuis la fin des transgressions dunkerquiennes du Haut Moyen Age: lorsque le Moyen Age s'achève, la surface couverte par les dunes est plus importante qu'aux siècles précédents.

² « *A Ecault, l'exhumation fréquente d'énormes murs remontant au Moyen Age atteste le lointain désir, d'ailleurs bien téméraire quant à la méthode adoptée, d'arrêter la marche des dunes* », in Association Française pour l'Avancement des Sciences, Boulogne-sur-mer, 1899, p. 358.

dans les différentes luttes qu'ils vont mener contre la mer et les dunes et contre leurs seigneurs pendant tout le Moyen Age ¹, (KAPFERER, 1982).

Les oyats jouent un rôle important dans les relations ou les accords entre les populations rurales et leurs seigneurs (KAPFERER, 1979).

L'usage, la coupe et la vente d'oyats sont illicites ou réservés prioritairement aux seigneurs. Ces interdits sont souvent précisés dans les chartes ou dans les coutumes, comme celle de Berck au début du XVI^e siècle (RIVET, 1970) ².

Il faut attendre le **début du XVII^e siècle** (lettres patentes de 1608) pour que l'autorité royale se décide à prescrire des mesures conservatoires que réclamait depuis longtemps l'intérêt public. Les travaux débutent en Flandre pour s'étendre sur toutes les dunes, ils sont lents et peu efficaces d'autant plus que des abus (coupes par les indigents) se produisent durant les guerres.

Malgré les efforts accomplis, les dunes progressent sans relâche au cours des siècles. Des hameaux ou des villages sont ensevelis sous les sables et disparaissent des cartes (Guigneux près de Berck, Rombly près d'Etaples et Bellefontaine à proximité du mont St-Frieux), d'autres sont contraints à changer de site (Routhiauville et Saint-Quentin-en-Tourmont dans le Marquenterre, Merlimont au XVI^e siècle) (BERTHELOT *et al.*, 1981; HAY, 1987; SOUQUET, 1863). Même si l'avancée des dunes n'a pas les dimensions cataclysmiques des phénomènes observés dans les Landes de Gascogne (BOUCHERON, 1986), elle provoque d'innombrables dégâts tout en menaçant la pérennité des activités humaines.

Les progrès des sables désorganisent le réseau hydrographique en déviant le cours de nombreuses rivières ou en obstruant l'écoulement superficiel des eaux autour des étangs³. De nombreuses baies sont colmatées comme celle d'Etaples dans le dernier quart du XVII^e siècle (LE BOURDELLES, 1986) ⁴.

¹ La commune d'Ambleteuse est créée en 1209 (HAMY, 1864-1872), la charte collective du Marquenterre est datée de 1199.

² Les coutumes intéressent aussi bien le seigneur qui dispose d'une série de « droits » inaliénables sur ses terres et la communauté villageoise qui reste très préoccupée par la défense de ses droits d'usage (limités souvent au simple pâturage).

La coutume de Berck (« Bercq-sur-mer » à l'époque), datée du 22 août 1507, fut rédigée par Nicolas Hourdel. Il est mentionné que les coupes d'oyats seront sanctionnées par de lourdes amendes. L'article cinq précise que « *Quiconque coupe, arrache et emporte les lesques, sans cogner, commet envers le dit seigneur amende de 10 sols* » (les « lesques » évoquent certainement ici non les oyats mais les laïches = *Carex arenaria*) (DUPLAIS, 1895, p. 16).

³ Ensablement de l'Arche, petite rivière qui trouvait son débouché dans le havre de Berck (ancien port naturel au nord de Berck). Cet ensablement inonda la vallée d'Airon et fit monter les eaux du marais de Merlimont (SIAME, 1971). Les villages de Berck et de Groffliers « *lovés au fond de l'estuaire de l'Arche se retrouvèrent au XVIII^e siècle à plusieurs centaines de mètres du rivage, victimes de l'avancée dunnaire en dépit des tentatives d'aménagement* » (CABANTOUS, 1987, p. 59).

⁴ A la fin du XVII^e siècle, le port d'Etaples est à peu près comblé (MERRIEN, 1959), de même que celui de Montreuil situé à 13 kilomètres en amont (BON *et al.*, 1969). Dans les deux cas, il s'agit d'une dynamique d'estuaire avec comblement par envasement; les dunes ont cependant indirectement participé au processus de colmatage dans la baie d'Etaples. Le « *fief du Halloy* », ancien havre ou port de mer naturel de Berck dans lequel les petits navires de 90 à 100 t apportaient encore des marchandises vers 1660 est comblé vers 1695. Les habitants de Berck ont dû quitter les bords du havre pour s'installer sur les terrains formés d'alluvions (cf mollières) qui leur servaient également de pâturage (DE LHOMEL, 1911).

Au XVIII^{ème} siècle, la situation n'est guère maîtrisable (annexe 2), les sables envahissent la forêt d'Hardelot et détruisent les parcelles de culture situées en bordure des dunes¹.

Dans les cahiers de doléances de la Sénéchaussée du Boulonnais, les paroisses côtières relatent toutes d'immenses dégâts occasionnés par l'invasion des sables. Les revendications des trois ordres sont communes²; les requêtes des habitants sont toujours les mêmes: obtenir des subsides royaux pour se garantir des sables (ANONYME, 1989; BERTHELOT *et al.*, 1981). On supplie le roi de faire participer les deniers publics aux opérations de fixation. Les paroisses côtières dont plus de la moitié des habitants sont marins ne peuvent assumer les frais des plantations (PLAYOUST-CHAUSSIS, 1976).

Cette situation n'est pas spécifique au Boulonnais, on parle en Flandre d'un « *état de délabrement des dunes extrême au milieu du XVIII^{ème} siècle* » (VAN DEN BERGHEN, 1964 d, p. 408).

En fait, les difficultés de fixation ne sont pas excessives, elles proviennent autant des **hommes que des obstacles naturels**.

L'oyat est fréquemment détruit par les lapins, qui représentent au point de vue cynégétique le principal produit des garennes. Le parcage des bêtes à cornes dans les dunes est également un facteur défavorable à une bonne fixation (BERTIN *et al.*, 1877; BERTRAND, 1828; TEKKE *et al.*, 1993).

Les efforts consentis pour freiner la progression des dunes sont parfois ruinés par la misère ou la malhonnêteté de certains villageois n'hésitant pas à couper et à utiliser les oyats³. L'arrachage des plantes entraîne la destruction d'un abri naturel dont on avait profité pour des organisations diverses, notamment pour des cultures (ANONYME, 1900; LANGRAND, 1912). Les oyats sont replantés systématiquement partout où les variations de la dune intéressent les villageois ou les particuliers (DORLY *et al.*, 1979).

Pendant longtemps, les travaux de fixation sont restés à la charge des populations riveraines; A. Demangeon nous apprend que « *jusqu'en 1830, les habitants de Neufchâtel, de Cucq, de Merlimont, de Berck venaient chaque hiver dans les dunes pour regarnir d'oyats les brèches ouvertes par les vents* » (DEMANGEON, 1905, p. 196).

¹ « *Les cultivateurs s'efforcèrent d'arrêter les sables en leur opposant des haies vives en avant de leurs terrains contigus aux ensablements; mais ces faibles obstacles furent bientôt surmontés et les sables se portèrent avec célérité sur la forêt d'Hardelot dont ils couvrirent une portion jusqu'à la cime des arbres les plus hauts* » (HENRY, 1810, p. 192). Voir aussi HENRY, 1791.

² « *Les oyats sont la seule digue qu'on puisse opposer à ces sables* (JESSENNE *et al.*, 1989, p. 232).

³ Les oyats peuvent être utilisés pour le chauffage, les fours à pains ou la fabrication de paillasons (BAILLON, 1791).

« *Pendant la guerre de succession d'Espagne qui commença avec le XVIII^{ème} siècle, les riverains des garennes arrachèrent les « hoyats » pour leur chauffage et pour la nourriture de leurs bestiaux* » (HENRY, 1810, p. 192).

C'est au cours du XIX^{ème} siècle que les hommes acquièrent un **degré d'organisation et de maîtrise de l'espace dunaire** supérieur à celui des siècles précédents: le littoral est balisé, les dunes mieux contenues sont davantage fixées par les oyats, les tracés des cours d'eau sont rectifiés (LE MANER, 1993; PINCHEMEL, 1965). Cette volonté d'intégration et d'uniformisation émane souvent des notables. L'empreinte du travail humain constamment renouvelée par les efforts inlassables des générations amène une modification de la physionomie des paysages littoraux. C'est le siècle des grandes transformations: il ne s'agit pas seulement des dunes puisqu'aux travaux de fixation viennent s'adjoindre synchroniquement les canaux de drainage dans les Bas-Champs, l'assainissement des marais ou les constructions de digues et d'écluses (HUBSCHER, 1979; TRIBONDEAU, 1937).

Ces travaux s'inscrivent dans une politique générale de mise en valeur des terres incultes (marais, friches, landes...). Ce concept de rentabilité se développe au sein d'une certaine élite sociale (hommes politiques, notables, grands propriétaires, sociétés d'agriculture...) et gagne ensuite le monde rural. Ce monde se transforme rapidement grâce aux progrès agronomiques et industriels, l'agriculture devient intensive et s'insère dans une économie de marché. Dans un tel contexte, il n'est pas question d'un **respect quelconque de ce qui, au XX^{ème} siècle, s'appellera « la nature »**; il faut, au contraire, **rentabiliser, maîtriser, « domestiquer » le plus possible.**

Pour les dunes, les travaux deviennent mieux encadrés; ils sont soumis à la réglementation du **décret du 14 décembre 1810**, l'Etat peut intervenir directement si le besoin s'en fait sentir (ALLAVOINE *et al.*, 1963).

Il n'est plus question de défendre au coup par coup, mais de fixer totalement les surfaces menaçantes afin de les préparer aux premières tentatives de boisement.

En effet, la fixation ne représente qu'une étape, l'oyat est le premier élément de liaison des sables et le prédécesseur « naturel » et obligé de l'arbre.

Aux yeux des propriétaires de garennes, toute opération de boisement ne peut se concevoir sans une stabilisation définitive des sables.

2. Le boisement des dunes: une opération lente et coûteuse

L'**afforestation**, avec l'introduction d'espèces ligneuses dans le couvert végétal, est l'étape essentielle qui complète la fixation.

Boiser les dunes, c'est d'abord, pour beaucoup de propriétaires, les contenir définitivement, c'est créer un « barrage vert »¹, opposer le vivant face à l'inerte en utilisant des êtres

¹ « Les tentatives de maîtrise des milieux naturels en France aux XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles correspondent à des situations qui ne sont pas sans présenter des analogies avec celles des marges semi-arides ou sub-humides menacées par la désertification » (ARNOULD, 1994 b, p. 42). Dans certains déserts, des politiques de grands travaux ont été baptisés de noms évocateurs: « Barrage vert », « Grande muraille verte »...

vivants très compétiteurs, à forte assise spatiale, et dotés d'une espérance de vie et d'un statut bien particuliers.

Amorcé à la fin du XVIII^{ème} siècle, le boisement des garennes dunaires commence réellement à se développer au cours du siècle suivant.

Jusqu'en 1850, les boisements restent **ponctuels** et localisés sur quelques sites (Merlimont, Ecault...); le **pin maritime** est l'essence favorite¹.

Discrètes, ces premières tentatives connaissent des fortunes diverses², elles ont peu d'écho et laissent peu de traces dans les archives. Ces travaux ne transforment pas radicalement le paysage dunaire, on y remarque assez peu d'arbres et surtout pas de forêt.

A cette époque, l'idée de boiser et d'obtenir une forêt dans les dunes n'est pas encore totalement germée dans les esprits, on se contente plus modestement de cultiver quelques céréales et surtout de la **pomme de terre**³.

La **seconde moitié du XIX^{ème} siècle** marque la grande période de boisement dans les dunes du Nord de la France⁴.

Les dunes sont rachetées pour être bonifiées, les propriétaires, animés par un sentiment d'émulation, s'installent sur le littoral et s'informent sur la manière de boiser leur domaine. Les entreprises individuelles se multiplient, les essences employées deviennent pléthoriques.

Le but n'est pas que de stabiliser les dunes, il s'agit aussi de les rendre « productives », tout comme, à l'intérieur du pays, les landes, friches, marais et autres surfaces incultes.

¹ Les cahiers réglant la location du droit de chasse dans la garenne communale de Merlimont (consultés aux archives départementales à Arras; série 2O) constituent une source documentaire intéressante pour le biogéographe. Dans ces cahiers, la lecture de l'article cinq concernant la responsabilité du locataire nous informe de la présence d'essences résineuses, probablement plantées dans le courant du siècle dernier sous la conduite de la commune: « *L'Adjudicataire-Locataire sera responsable des dégradations qui pourraient résulter de son fait ou de celui des personnes par lui autorisées dans les dunes plantées d'oyats et pins maritimes que le bail leur donne le droit de parcourir, toute dégradation sera réparée dans les vingt quatre heures, sans que le Maire soit tenu à fournir aucune invitation à ce sujet* ».

Un cahier des charges daté de décembre 1873 (le plus ancien de ceux dont nous disposons) mentionnait déjà l'existence de ces pins: les premières plantations sont donc antérieures à cette date et il est fort possible que les vieux pins maritimes, tous dépérissants dans l'actuelle Réserve Biologique, soient contemporains de ces anciennes périodes de plantations.

Le pin sylvestre est plus rarement utilisé (BLANCHARD, 1906).

² « *Le reboisement des dunes constituait dans le Nord un problème entièrement nouveau. Il ne faut donc pas s'étonner si on consacra plusieurs années à l'expérimentation de procédés divers, aux tâtonnements inséparables de toute entreprise nouvelle* » (THELU, 1879, p. 347).

³ Evoquant ses plantations de pommes de terre, Le Roy Mabilille précise que « *C'est dans les dunes de Neufchâtel qu'ont été faites mes plus fortes plantations* » (LE ROY MABILILLE, 1849, p. 46). Leroy Mabilille reçut de la Société Centrale d'Agriculture de Paris une médaille d'argent pour ses travaux remarquables sur la maladie de la pomme de terre. Le Roy Mabilille déclarait déjà en 1828 que les pommes de terre n'étaient pas les plantes qui conviendraient le mieux à la consolidation des garennes, et qu'il faudrait demander à d'autres plantes la solution du problème (FURNE, 1899 b).

⁴ Excepté le Marquenterre, la plupart des communes littorales sont concernées par des travaux de boisement dunaire au XIX^{ème} siècle. Cependant les initiatives sont parfois tardives; en parlant des paroisses de Dannes et de Camiers, J. Brunet indique encore vers 1868 que « *le pays est triste et stérile; les habitants en sont extrêmement pauvres: toutes leurs cabanes sont enfoncées dans les dunes* » (BRUNET, 1868, p. 137).

Oeuvre spécifiquement régionale, le boisement du littoral dunaire s'inscrit aussi dans un cadre national puisque c'est toute la France qui est concernée par l'effort réalisé en faveur de la forêt ¹.

Cette période caractérise une activité intense qui a été le fait d'initiatives privées appuyées par les pouvoirs publics et l'Administration. Les bois littoraux commencent à s'organiser en masses plus continues...

2.1. La « qualité végétative » des sables

Avant d'effectuer un semis ou une plantation, le propriétaire, désirant mettre toutes les chances de son côté, prend un soin méticuleux à choisir son terrain avant de procéder à son travail de sylviculteur.

Les sables des milieux dunaires n'offrent pas les mêmes capacités pour accueillir les boisements (voir, *supra*, p. 63). Certains sables pauvres chimiquement et dénués de toute qualité de fertilité sont improductifs, ils doivent être évités. D'autres sables, mieux situés et davantage concernés par le drainage interne, peuvent être utilisés avec profit.

Les « **sables blanc** » (DEMANGEON, 1905) situés sur les pourrières ou les plateaux élevés ne sont pas totalement inaptes à porter des semis si le terrain est au préalable planté en oyat pour être défendu contre les vents.

Ces sables sont parfois préférés aux « **sables gris et mousseux** » (ou sables morts) fixés par d'anciennes plantations d'oyats et garnis successivement de mousses et de quelques maigres graminées qui, après avoir étouffé l'oyat, ont absorbé l'humidité du sol et épuisé le sable de tout principe de fertilité. La réussite des semis est souvent très compromise dans les sables gris.

Les graines de pin ou de feuillus lèvent beaucoup mieux dans les « **sables défrichés** », cultivés préalablement de pommes de terre ou de seigle. Profitant d'une situation privilégiée (plaine basse et humide), ces sables reçoivent de l'eau une bonne partie de l'année, la graine jetée sans travail supplémentaire au sol y réussit en général fort bien.

2.2. Installation par voie de semis ou par voie de plantation

Pour boiser leur domaine, les propriétaires de dunes qui, pour la plupart, débutent dans le métier de sylviculteur, utilisent toute une série de procédés plus ou moins dispendieux ².

¹ « Durant le Second Empire, jamais un tel effort n'avait été, et ne sera réalisé en faveur de la forêt, jamais les enrésinements pratiqués n'avaient connu une telle ampleur: plus de 100000 ha plantés chaque année, 2 millions d'hectares au total en 18 ans... » (BADRE, 1983, p. 163).

² Il existe dans le Pas-de-Calais presque autant de procédés de fixation et de boisement des sables que de propriétaires de dunes (DIRECTION GENERALE DES EAUX ET FORETS, 1908-1928).

D'abord spécialement réservée pour le pin maritime, la méthode d'installation des végétaux ligneux par **semis** s'étend ensuite aux autres essences résineuses et feuillues. Les types de semis sont variables, ils peuvent se pratiquer avant ou en même temps que les plantations d'oyats (fig. 26).

Contrairement aux Landes de Gascogne, les propriétaires forestiers du littoral du Nord ne sont pas des adeptes du mode de semis en couverture, ils se dispensent de recourir à une couverture complète du sol que le manque de branchages d'arbustes rend impraticable. Pour s'assurer du succès des semis, les forestiers n'hésitent pas à employer des palissades ou des clayonnages afin de former un cordon littoral plus continu et d'obtenir un premier rempart abritant l'intérieur de la dune.

Dans les endroits abrupts, exposés au vent et au soleil, le **repiquage** offre le meilleur mode de boisement.

Avant de pratiquer le repiquage, les forestiers prennent le soin de semer à la volée une certaine quantité de graines qu'ils enfouissent par le piétinement. Les pépinières de pins sont placées à proximité des terrains où les semis ordinaires courent le plus de risque. Les endroits frais ou les terrains défrichés ayant porté des pommes de terre ou du seigle conviennent bien pour des pépinières temporaires.

Quand les pins ont atteint 25 / 30 cm de hauteur ou 3 / 4 ans, ils sont prêts à être repiqués. La transplantation a lieu généralement en octobre ou en novembre car le sol conserve à cette époque une humidité favorable à la reprise: les pins sont enlevés en motte et sans que leurs racines soient altérées pour être transportés aux endroits où on doit les mettre en place.

Longtemps réservé aux pins, le repiquage s'est étendu aux essences feuillues puisque les aulnes et les bouleaux sont également repiqués à la bêche sur terrain gazonné en les tirant de pépinières de Flandre ou de Normandie.

Le **bouturage**, autre mode de boisement employé, concerne exclusivement les peupliers et les saules. Des boutures de peupliers sont réalisées le plus souvent en automne dans les fonds humides ou sur les hauteurs des buttes bien exposées. Les peupliers blancs et les trembles se reproduisent assez bien par boutures. Formant le premier rempart de la forêt, ils viennent accompagner les végétaux ligneux buissonnants (troène, saule rampant...).

Certaines espèces, plantées dans les dunes, se multiplient rapidement car elles ont la possibilité de **drageonner** (notamment les peupliers).

Les travaux de plantation sont fortement perturbés par les **lapins** qui représentent un véritable fléau.

L'animal découvre les graines de pin ou de feuillus à peine semées et les expose aux intempéries; il ronge les jeunes pousses d'oyat, de pin ou de feuillus. Le lapin est non seulement un obstacle avant les plantations mais aussi une menace perpétuelle pour les dunes déjà converties en forêt.

Les méthodes appliquées pour l'afforestation sont nombreuses mais ce sont les semis qui retiennent les premiers l'attention des sylviculteurs d'autant plus qu'ils sont favorisés régulièrement par l'Etat.

2.3. Les encouragements donnés par l'Etat: l'octroi de subventions

L'intervention de la puissance publique est souhaitée dès le début du XIX^{ème} siècle¹.

Régulièrement, le **conseil général du Pas-de-Calais** va octroyer des récompenses et voter à cet effet un crédit annuel.

Les conseils généraux des départements de la Somme et du Pas-de-Calais n'ont pas les mêmes centres d'intérêts: alors que le premier ne fournit aucune aide, le second encourage dès 1837 la fixation et le boisement par des primes annuelles et des subventions pour la plantation d'oyats. Les réunions du conseil général sont nombreuses pour régler les conditions suivant lesquelles les primes doivent être réparties. Les primes annuelles sont reconduites chaque année et augmentent de valeur jusqu'en 1877.

L'Etat participe à l'effort de boisement dès 1852 en fournissant aux particuliers des graines nécessaires aux semis.

Sous l'impulsion de personnalités dynamiques comme A. Adam (massif d'Ecault-Condette) ou A.J.B. Daloz (domaine du Touquet), le **ministère des Finances** puis l'**Administration des Eaux et Forêts** livrent de nombreuses graines aux propriétaires qui en font la demande. De 1852 à 1875, l'Etat a délivré gratuitement pour le boisement de 8601 ha de dunes (BOUCHERON, 1986):

- 159868 kg de graines de pins maritimes;
- 126 hl de glands de chênes;
- 20 hl de châtaignes;
- 300000 plants d'aulnes;
- 300000 plants de bouleaux.

Si les propriétaires ne veulent pas ou n'ont pas la possibilité de boiser eux-mêmes leur propriété, l'Administration a le droit d'y procéder d'office en prenant les frais à sa charge (réglementation du décret du 14 décembre 1810).

Toutes les essences ne connaissent pas la même réussite. Les feuillus ont rapidement prouvé leur faculté d'adaptation dans les dunes: loin d'être dénigrés, ils ne sont pas oubliés par les forestiers qui n'hésitent pas à les introduire. Le **pin maritime**, très en vogue au début, s'étiolé peu à peu au profit du **laricio** (DORLY *et al.*, 1979).

Mais force est de constater que les dunes ne conviennent pas à toutes les essences. Petit à petit, les tâtonnements du départ laissent place à des opérations plus réfléchies: les plantations ne se font plus au hasard, les arbres sont sélectionnés.

¹ « Pour conquérir les vastes domaines de sable... le Gouvernement n'a que très peu de dépense à faire, ou plutôt il n'a que des encouragements à donner. Concéder ces déserts à une ou plusieurs compagnies, répandre une instruction bien faite sur ce projet de concession [...] en indiquant soigneusement les plantes propres à obtenir du succès; donner des primes d'encouragement; enfin protéger les travaux par une police sévère et soutenue... » (CHANLAIRE *et al.*, 1810, p. 13).

2.4. Un laboratoire d'expérimentation: beaucoup d'essais et des essences progressivement sélectionnées

Les dunes ont constitué un **laboratoire d'expérimentation**: les nombreux essais réalisés se sont soldés parfois par des échecs mais ils ont sans nul doute contribué à une meilleure connaissance de l'autoécologie des espèces.

Au début, les introductions d'essences se font « tous azimuts »: le pin maritime est certes privilégié mais beaucoup d'autres essences sont aussi largement répandues (pin laricio, feuillus).

Cependant, les propriétaires ont vite compris les avantages des résineux qui poussent en général très vite et sont donc plus rapidement rentables (CATTIER, 1974).

Au fur et à mesure que les boisements progressent, les propriétaires s'aperçoivent de la bonne tenue du pin laricio dans les dunes. Aux yeux de la plupart des forestiers, cette essence forestière, placée à l'intérieur des dunes au-delà de la première bande de protection, semble convenir parfaitement pour mettre en valeur leur domaine et obtenir des peuplements de rapport et de production. C'est « l'essence d'avenir » dans les sables maritimes, celle vers laquelle tendent progressivement tous les propriétaires de dunes. Aussi, le pin maritime est souvent éliminé lors des premières éclaircies dans les massifs mélangés lorsque l'avenir du laricio paraît complètement assuré.

Il arrive que le bien-être et la satisfaction personnelle des propriétaires passent avant les intérêts communs. Des essences ont quelquefois une valeur sentimentale: les nombreux voyages réalisés par A. Adam expliquent la présence insolite des **chênes verts** dans sa propriété.

La multiplication des essais permet aux forestiers de progresser, d'affiner leurs méthodes et de revoir leurs choix sur l'utilisation de tel ou tel type d'espèce.

Parfois les « bâtisseurs de forêts » prennent le soin d'effectuer des analyses de leur sable en laboratoire pour s'assurer du succès de leurs plantations (BARABAN, 1890).

Peu à peu, les plantations ne se font plus au hasard; chaque essence forestière a une localisation précise déterminée à l'avance et toute essence a une fonction particulière commandée par son autoécologie et sa capacité à s'adapter au milieu.

Certains arbres feuillus ou résineux (tremble, peuplier blanc, pin maritime...) ne sont destinés qu'à former des abris protecteurs: directement exposés aux agents physiques (vent, embrun, sable), ces espèces ligneuses n'ont guère la possibilité de croître dans de bonnes conditions et de donner des produits exploitables. Localisées en lisière de forêt, ces essences de transition ou d'abri remplissent une fonction de protection et non de production. Elles doivent bien se différencier des espèces dites exploitables situées plus à l'arrière et dont la qualité du bois est recherchée pour l'exploitation. La plupart de ces dernières ne sont pas contemporaines des premiers boisements de protection, elles ont été plantées dès que l'abri était suffisamment développé.

Beaucoup d'essences sont qualifiées d'auxiliaires en ce sens qu'elles sont progressivement éliminées naturellement ou volontairement afin de constituer un peuplement pur de l'essence exploitable auquel on laisse parcourir toutes les phases de son développement.

Après ces quelques considérations de nature générale, nous pouvons envisager d'étudier quelques grandes réalisations sylvicoles...des réussites totales qui ont toutes été le fruit d'initiatives privées.

C. LES GRANDES FORETS LITTORALES ANTHROPIQUES

1. Le boisement des dunes de Condette et de Saint-Etienne: l'oeuvre de Mr A.Adam

1.1. Les opérations réalisées: méthodes, réorientations et résultats

La propriété des dunes de Condette et de St-Etienne, d'une contenance de **840 hectares**, est acquise par A.Adam en 1845.

A.Adam, qui a pourtant passé plusieurs jours dans les dunes situées entre le bassin d'Arcachon et la Gironde, ne reproduit pas la méthode de Brémontier qui semait dès 1780 à la volée sur le sable et sans aucune préparation au sol (RENDU, 1863).

Le maire de Boulogne-sur-mer renonce au semis de couverture et décide de fixer tout d'abord les sables les plus rapprochés du rivage dans le but de constituer un premier abri protecteur et de pousser les travaux de fixation et de reboisement assez loin de la mer. Les semis sous plantations d'oyats ont lieu dans les parties les plus éloignées: on sème de la graine de pin puis on couvre toute la surfaceensemencée de plants d'oyats disposés en quinconce et à des intervalles assez rapprochés (méthode du semis en plein). Les semis de graine de **pin maritime** peuvent être exécutés à la herse à cheval, à la herse au bras ou à la canne semoir. Au voisinage immédiat de la mer et dans toutes les parties fortement exposées au vent et au soleil, A.Adam adopte le semis au pot qui se pratique avec une petite bêche dans les sables blancs et les sables fortement garnis de saules et d'herbes denses (ADAM, 1865; DE VASSELOT, 1875).

La fixation au moyen de l'oyat est renouvelée chaque année, A.Adam bénéficie du concours de la population communale: des adolescents âgés de 12 à 16 ans réunis en petits ateliers réalisent, sous la conduite d'un conducteur, les travaux de plantation durant plusieurs mois (octobre à mars). Pour assurer la consolidation du terrain, la fixation est complétée à l'aide du clayonnage réalisé avec des branches d'argousiers et complété par des aigrettes disposées en quinconce (branches de pins, genêts, ajoncs...).

Lorsque les premiers boisements prennent forme, A.Adam se montre plus téméraire et sème sans aucune préparation au sol. De 1864 à 1865, des semis de graines de bouleaux et de frênes sont jetés dans les herbes; beaucoup d'entre eux lèvent sans problème. En bon praticien forestier, A.Adam utilise d'autres méthodes de plantation qui seront couronnées de succès divers.

Le propriétaire procède au repiquage des pins maritimes en mottes en automne. Cette opération est toujours précédée d'un semis d'une grande quantité de graines qui sont enterrées par le piétinement des ouvriers. Dès qu'ils atteignent une hauteur de 20 à 30 cm, les jeunes pins, bons à être repiqués, sont retirés des pépinières préalablement établies dans les endroits frais des dunes.

Les plants **d'essences feuillues** sont également utilisés, notamment les chênes de moins de un mètre de hauteur et les aulnes d'un an que les lapins n'attaquent pas. Des aulnes et des bouleaux importés des pépinières de Flandre et de Normandie sont repiqués à la grande bêche.

A.Adam expérimente le procédé de la **bouture** dans les fonds humides et bien abrités ou sur les buttes de sable exposées au vent marin et au soleil. Les boutures de saules et de peupliers n'ont qu'un rôle transitoire; elles ont pour principal intérêt de créer un abri protecteur et de préparer la venue des feuillus « nobles » et des essences productives.

Les réussites alternent avec les échecs et les méthodes employées par le forestier sont souvent réorientées.

A.Adam prend conscience que les sables gris (ou « morts ») dépouillés d'oyats et envahis par les mousses et les graminées sont impropres aux semis et aux plants. Il s'aperçoit également que toutes les opérations réalisées dans les dunes doivent se faire pendant l'automne ou l'hiver, saisons préférables à celle du printemps qui peut être très sec dans la région.

L'inconstance du climat et la **récurrence des sécheresses** sont particulièrement redoutés. Les années sèches (1863 à 1866) sont peu favorables à la croissance des végétaux, elles font périr les boutures, empêchent les graines de lever et favorisent la reproduction des lapins. Ces derniers sont aussi très nuisibles pour la croissance des jeunes plants; A.Adam préconise dans ses dunes une destruction totale du lapin par tous les moyens (furet, bourse, lacet).

Les résultats obtenus sont quelquefois surprenants, les semis et les plantations effectués sur des buttes sèches exposées au vent de mer (boutures de peuplier blanc) réussissent parfois mieux que ceux réalisés dans les fonds qui avaient été autrefois cultivés en pommes de terre.

Bien que les résultats de son entreprise soient à nuancer dans le détail, le propriétaire des dunes de Condette et de St-Etienne finit donc par retirer les fruits de son travail. Sa grande intelligence et sa pugnacité le conduisent à boiser plus de trois cents hectares de 1846 à 1858: la première **forêt littorale anthropique** du Pas-de-Calais est ainsi née.

Quel bilan peut-on tirer des travaux d'A.Adam ?

A.Adam fut non seulement un précurseur mais également un novateur. Il n'a pas appliqué strictement les méthodes de la Gironde prônées par Brémontier mais a modifié et même transformé la pratique bordelaise pour l'adapter au sol et au climat de la Manche. Tout au long de sa vie et de son expérience de « jardinier de la nature », le maire de Boulogne-sur-mer, qui fut également président du conseil général du Pas-de-Calais, inventa beaucoup de procédés et innova avec ses semis faits depuis juillet jusqu'en décembre, ses repiquages des pins d'octobre à février et ses semis en plein. Les nombreux voyages qu'il a réalisés à l'étranger lui ont été formateurs et lui ont donné la possibilité de ramener à chaque fois des graines ou des plants d'essences de nature très variée.

1.2. Une grande variété d'essences introduites

Contrairement à la « pignada » landaise, forêt monospécifique de pins maritimes, la forêt des dunes de Condette et de St-Etienne est constituée d'un mélange harmonieux d'essences résineuses et feuillues (WATRIN, 1992). A la diversité des espèces vient s'ajouter la diversité dans les provenances ou les origines.

Les graines de bouleaux et de frênes sont obtenues à des prix très modérés à Paris ou en Allemagne; certaines graines de pins maritimes arrivent du Mans en transitant par Bordeaux. Des végétaux ligneux font preuve de bonnes capacités d'acclimatation comme les chênes verts ou lièges que le propriétaire a ramenés pour les installer dans son domaine (certains chênes verts produisent encore des glands!). L'audace d'A.Adam se manifeste au fur et à mesure que la forêt progresse. Dans un de ses rapports qu'il adresse régulièrement au préfet du département du Pas-de-Calais pour faire part de ses opérations et de ses résultats aux autres propriétaires qui débutent, le notable s'explique mot pour mot: « *je n'aurais pas pu il y a quinze à vingt ans faire ce que l'amélioration du sol et le boisement obtenu me permettent de faire aujourd'hui* » (ADAM, 1865, p. 9).

A.Adam considère son terrain comme un réel **laboratoire d'expérimentation**, il n'hésite pas à introduire des essences originales pour tester leur capacité d'adaptation (*Quercus toza* = chêne tauzin, *Alnus cordata* = aulne à feuilles en coeur...). Encore présents actuellement, ces arbres inattendus et bien acclimatés ont parfaitement bien résisté aux dures conditions climatiques de la région et ont étonné plus d'un botaniste! (GEHU *et al.*, 1960 b).

Le propriétaire a beaucoup étudié le genre *Pinus*: le pin maritime longtemps utilisé n'a pas supporté les gels sévères de 1880 à 1890, il a été supplanté par le pin laricio à la fin du XIX^{ème} siècle. Le pin sylvestre assez peu planté n'a pas donné des résultats satisfaisants tout comme la variété de Riga¹ (variété de pin sylvestre ?) tous les deux abandonnés vers 1865. A la même date, A.Adam renonce aux semis d'ajoncs qui étouffent les jeunes plants et rendent la circulation difficile (ADAM, 1865).

¹ Variété de pin mentionnée dans la flore de T.Lestiboulois parue en 1827 (« Botanographie belge, ou flore du Nord de la France, et de la Belgique proprement dite »).

Malgré tout ces mélanges, quatre essences d'arbres, plus favorisées que les autres, dominent dans le paysage et donnent à la forêt sa physionomie d'ensemble: ce sont les **pins maritimes**, les **bouleaux**, les **frênes** et les **chênes** (*Quercus robur* surtout). En fait, ce simple constat ne doit rien au hasard puisque les arbres cités sont parmi ceux que l'administration des Eaux et Forêts privilégie depuis 1952 dans sa politique d'envoyer gratuitement des graines aux propriétaires désireux de boiser leur domaine.

A.Adam a donné une partie de sa vie et de sa fortune pour cette oeuvre colossale que représente le boisement des dunes. Même s'il a fait preuve d'un certain dilettantisme, il n'a jamais eu l'intention d'enfouir son argent et s'il n'a pas craint de dépenser, c'est qu'il avait la certitude de produire en exploitant ses bois de pins et de feuillus.

1.3. L'exploitation des bois de pins et de feuillus

Si A.Adam fut un pionnier en matière de boisement des dunes dans le Nord de la France, il le fut également en matière de gestion forestière.

Contrairement à A.J.B.Daloz, dont nous reparlerons par la suite et qui n'abat absolument rien, A.Adam exploite rationnellement son domaine par des coupes régulières qui rapportent de beaux bénéfices.

Les bois feuillus exploités en coupes de 7 ans constituent les parties les plus riches du domaine.

Un des objectifs prioritaires est de faire des baliveaux¹. Des coupes d'éclaircies sont pratiquées lorsque les plantations sont trop serrées et impropres à faire de belles réserves. En effectuant des coupes, les arbres voisins respirent, croissent plus rapidement et les semis naturels lèvent plus facilement.

Le feuillus le plus recherché est le **chêne** dont les fûts sont très appréciés pour les constructions navales à Boulogne-sur-mer. Quant aux **pins maritimes**, il n'est pas possible de les faire gemmer à cause de la fraîcheur du climat. Les éclaircies et les élagages fournissent des bourrées et du bois en stère pour le chauffage. A.Adam n'est pas très satisfait que son bois de pin en stère ne soit pas acheté par les boulangers de la région. De même, il n'admet pas que les propriétaires des mines de houille accoutumés à acheter sans concurrence les bois d'aulnes provenant des forêts de l'Etat refusent d'entreprendre l'exploitation de ses pins qui ont cependant des dimensions convenables. L'abattage des pins maritimes parvenus à maturité peut servir aux constructions et au chauffage.

L'aptitude d'une essence à produire du bois de qualité dépend souvent de sa localisation: la frange dunaire protectrice (pin maritime, peuplier planté par voie de bouture) ne peut guère fournir que du bois de chauffage et des menus produits. Les revenus procurés par la

¹ Baliveau: arbre réservé dans la coupe d'un bois taillis pour qu'il puisse croître en futaie. Les aulnes en baliveaux sont fréquents dans la propriété d'A.Adam.

production ligneuse complètent ceux fournis par les cultures de pomme de terre ou de seigle pratiquées dans les fonds.

La transformation d'un terrain stérile jugé improductif en un domaine de production représente pour le propriétaire une réussite indéniable. La bonification des terres par le boisement permet également une valorisation foncière du domaine qui va se ressentir sur son prix de vente et son imposition.

Mais les résultats des boisements ne se limitent pas à de simples manoeuvres spéculatives ou financières; les conséquences sont en fait multiples.

1.4. Les conséquences des boisements

Nous serons très brefs sur ce sujet qui sera développé plus en détail plus loin dans la thèse (*infra* chapitre IV, E.).

La forêt n'est pas seulement une source de matières premières susceptible de rapporter de l'argent, elle joue également un rôle essentiel dans le géosystème et son apparition se répercute sur les autres composantes du milieu naturel et plus particulièrement sur le fonctionnement hydrologique du système (HAF, 1868).

L'effet de boisement se manifeste sur les sols qui s'épaississent en s'enrichissant en matière organique. A. Adam a très vite remarqué que la reprise des plants était favorisée sur des sols qui avaient déjà supporté une ou deux coupes de taillis.

La présence des arbres permet un abaissement général du plan d'eau et une distribution plus régulière des eaux. Les fonds marécageux qui nécessitaient auparavant la création de fosses ont disparu. L'humidité est plus uniformément répartie à l'intérieur du domaine entre les crêtes et les fonds, l'eau ne stagne pas et l'écoulement n'est plus malaisé.

Enfin, une dernière conséquence, beaucoup plus personnelle, fut le bien-être d'un homme public aux multiples casquettes qui a su vaincre tant de difficultés et qui reçut de nombreux témoignages flatteurs d'estime et de reconnaissance.

Un peu plus au sud de la région, un autre personnage, tout aussi impressionnant et polyvalent, va s'investir du même dessein que son prédécesseur en transformant complètement les garennes de Cucq-Trépiéd.

2. La transformation des garennes de Cucq Trépiéd en forêt

2.1. Bref rappel historique et premières tentatives de mise en valeur du domaine

La forêt anthropique du Touquet-Paris-Plage s'est implantée sur l'ancienne propriété de l'abbaye royale de St-Josse qui exerçait dès le début du XIII^{ème} siècle

(Accord conclu entre le comte de Montreuil et de Ponthieu et l'abbé Florent de St-Josse le 25 avril 1203) son droit de seigneurie sur toutes les dunes et les garennes comprises entre Cucq, Trépied et l'abbaye (LEVÊQUE, 1905; LABILLE, 1858).

Avant la Révolution, une partie des garennes est affermée à divers censiers ou fermiers moyennant certaines redevances qu'on appelle à l'époque droits de censives. La Révolution a des conséquences dramatiques sur l'abbaye de St-Josse en précipitant le morcellement de son territoire: le monastère et toutes ses dépendances sont vendus comme biens nationaux.

A la fin du XVIII^{ème} siècle, aucun travail d'amélioration n'est entrepris dans les garennes. L'entreprise de l'abbé Castelnau qui projette d'employer une partie des revenus de l'abbaye pour faire des plantations très étendues dans son domaine avorte.

Un procès verbal d'estimation des garennes de Trépied de 1827¹ montre le peu de valeur de terrains constitués en majorité de « dunes vagabondes », non fixées, détruisant les maigres récoltes des alentours. Les parties basses sont formées de marécages, les buissons d'argousiers et de saules rampants ne sont pas légion. En 1835, Mr le maire de Cucq, devant la situation existante, est irrité de l'isolement de ses villageois et pense que les travaux de plantation ne doivent pas être à la seule charge des habitants de la commune². En 1836, une première adjudication par l'Etat permet à un banquier belge nommé Doms d'acquérir un domaine de **mille six cents hectares** moyennant la somme de quatre-vingt-mille francs.

Un an plus tard, Doms n'a pas réussi à régler le premier acompte, une seconde vente aux enchères a lieu le **25 avril 1837**. Les deux nouveaux acquéreurs sont A.J.B. Daloz, ancien notaire parisien et maire de Cucq et Mr Alyon pour une somme de cent cinquante mille francs réglable en cinq échéances annuelles (MAIRE, 1989).

C'est à partir de cette date que les premières tentatives de mise en valeur du domaine vont débiter.

Les deux propriétaires se lancent d'abord dans **l'élevage**. Ils décident de « construire » un domaine de pacage en créant à grand frais de vastes pâturages dans les parties plates de la garenne. Soixante-dix boeufs et vaches sont introduits ainsi que des moutons et un troupeau de brebis. Les « éleveurs » décident d'établir des bâtiments d'exploitation agricole, notamment des étables et des bergeries. Après vingt mois d'essais, l'entreprise s'avère peu rémunératrice et Mr Alyon décide de se retirer en laissant le 1er janvier 1839 sa part à deux autres personnes.

Au début de l'année 1839, les trois adjudicataires, motivés par ce premier échec, s'engagent dans une autre méthode d'exploitation: **la culture de seigle, de topinambour et de pomme de terre**. Ils ajoutent aux bâtiments existants une féculerie et une distillerie (KLEIN, 1994). Les propriétaires investissent beaucoup d'argent dans la transformation et la fertilisation des terres, les cultures pratiquées demandant certaines exigences naturelles (sols

¹ Le procès verbal d'estimation établi par le greffier en chef du tribunal de Montreuil divise le domaine en question en quatre parties distinctes (HOLUIGUE, 1986): 467 ha de terrains « verts » ou plaines susceptibles d'être pâturées, 208 ha de dunes blanches, 257 ha de plaines non gazonnées parsemées de dunes basses, 685 ha de dunes bordant la mer et celles plantées par Cucq.

² Délibération du Conseil Municipal de Cucq, séance du 16 janvier 1835.

profonds, pas trop pauvres et bien alimentés en eau). Cette « petite industrie » fonctionne médiocrement une dizaine d'années puis périclète à partir de 1850 lorsque l'un des associés abandonne. L'absence de profit ne tarde pas à créer un passif important dans les caisses des agriculteurs et A.J.B. Daloz finit par se retrouver seul en décembre 1855.

Très rapidement Daloz trouve un nouvel associé, Mr Rigaud, qu'il connaît bien puisqu'il s'agit du mari de sa fille. C'est à partir de ce moment que la propriété devient en indivision entre Mr Daloz et son gendre: le domaine et ses limites seront préservés dans leur intégralité jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle.

Après avoir étudié sur place les résultats admirables acquis par A. Adam dans sa propriété de Condette et ceux qu'avait obtenus l'Etat dans les Landes de Gascogne, les deux personnages décident de transformer tout le domaine en forêt à partir de 1856. Toute la population de Cucq Trépied est employée pendant dix-sept ans à ce travail gigantesque.

2.2. Une forêt pensée et construite par Mr Daloz

A.J.B. Daloz ne s'engage pas dans une entreprise d'une telle envergure sans réaliser au préalable des travaux qui lui paraissent obligatoires si l'on veut que les plantations réussissent bien.

Il prend l'initiative de consolider la surface des dunes pour régulariser le lit de la semence; un nivellement sommaire est pratiqué, les fonds marécageux sont comblés. Ce travail accompli, la décision suivante est de semer de la **graine de pin** et de couvrir toute la surface ensemencée de plants disposés parallèlement ou en quinconces et à des intervalles rapprochés. Cette besogne n'a pour but que de constituer un premier abri protecteur qui sera remplacé lorsque les pins vont grandir (et les oyats disparaître) par un autre abri renforcé à base d'essences à tiges « flexibles » telles que les **peupliers** et les **saules** (DE LA TREHONNAIS, 1875). Toutes ces essences « tutélaires » forment un rempart de protection efficace en s'opposant à la violence des vents. Les pins qui viennent se mêler à cet abri « mutuel » sont progressivement éclaircis. Dans les intervalles rendus libres par cette opération, le forestier diversifie au maximum en semant ou en plantant des feuillus variés (aulnes, peupliers blancs de Hollande, ormes, chênes, sycomores...).

Tout comme A. Adam, A.J.B. Daloz doit lutter à plusieurs reprises contre les hivers rigoureux, beaucoup d'efforts sont annihilés, il faut chaque année recommencer les ensemencements. Ce sont les jeunes plants qui pâtissent le plus des mauvaises conditions climatiques (gels sévères ou sécheresses prolongées) et de la présence des lapins.

En 1864, A.J.B. Daloz possède les $\frac{3}{4}$ de la propriété (1250 ha), il décide de se fixer définitivement en construisant au milieu de son domaine un château pour accueillir ses amis. L'un d'eux, Mr de La Tréhonnais, en visite en 1875, éprouve un sentiment d'admiration devant la réalisation du maire: « *Quelle ne fut pas ma surprise lorsque, mélangés aux pins et croissant à leur abri, je remarquai les essences les plus diverses depuis le pin maritime, première évolution de cette magnifique transformation jusqu'au chêne lui-même, en passant par les peupliers, les trembles, les saules, l'aune, le bouleau,*

l'orme, le frêne, le sapin du Nord, tamaris, troène, sureau, merisier... » (DE LA TREHONNAIS, 1875, p. 98).

En 1882, Daloz contribue à la création de Paris-Plage, les 2/3 de son domaine sont boisés après plus de vingt-cinq ans d'abnégation et de grandes dépenses (DEHAY *et al.*, 1964). La satisfaction du propriétaire est complète lorsque dans le dernier quart du XIX^{ème} siècle la mer recule et agrandit ainsi sur le front de mer sa propriété.

Tout au long de sa vie, le notable ne cherche pas à vendre ni à morceler son domaine, il conserve avec son gendre et jusqu'à sa mort en 1886 les mille six cents hectares qu'il avait acquis en 1837.

La mort de Daloz est marquée par un changement radical dans les orientations sylvicoles: tandis que le boisement continue (1000 ha en 1900), l'exploitation des arbres commence (MASSET, 1990).

2.3. L'exploitation des bois de pins

2.3.1. Le conservatisme de Daloz

Tout au long de son existence, A.J.B.Daloz n'est pas attiré par la sacro-sainte rentabilité économique que peut lui procurer une saine exploitation de sa forêt.

Le propriétaire entretient une sorte de relation affective avec sa forêt¹, personne ne doit toucher à son patrimoine, **aucune coupe ne doit être réalisée**. Beaucoup trop conservateur, A.J.B.Daloz s'oppose à d'autres propriétaires des dunes du Pas-de-Calais comme A.Adam ou M.Lebeau dans son domaine de Neufchâtel. Ce dernier élimine le pin maritime lors des premières éclaircies dans les massifs mélangés pour préparer l'avenir des autres essences (BARABAN, 1890).

Malgré les conseils de ses proches, le gardien du domaine du Touquet, adepte de la mort naturelle des arbres, se refuse à abattre et à donner de l'air aux plantations trop denses qui finissent à la longue par dépérir et mourir. L'exploitation de la forêt commence dès la mort de Daloz en 1886 avec la vente de nombreux bois aux mines de charbon de la région du Nord.

2.3.2. La fourniture de bois de mine

Pour exploiter la forêt, les successeurs de Daloz s'inspirent de la méthode du régisseur M.Cléret qui a obtenu d'excellents résultats dans des plantations en Belgique (LEVÊQUE, 1905).

¹ « Il semble que tous ces arbres sont ses enfants » (LEVÊQUE, 1905, p. 122)

Les pins trop élancés sont abattus; dans les parties très denses de la forêt, les forestiers n'hésitent pas à en éliminer deux sur trois. D'importants marchés de vente sont passés avec les entreprises de la région pour livrer aux **mines de charbon** les bois nécessaires aux étayages des galeries. Les bois décortiqués et débités sur place transitent par la gare d'Étaples, où, par trains entiers on les achemine directement aux mines.

Les nombreuses éclaircies effectuées permettent aux semis naturels de lever et aux boutures de s'enraciner plus facilement. Dans les espaces rendus libres, les sylviculteurs introduisent des jeunes pousses de bois tendres. Une de leurs préoccupations est de ne pas trop multiplier les plantations de pins maritimes qui ont déjà rempli leur rôle de protection.

Vers 1900, la forêt anthropique du domaine du Touquet, d'une contenance de 1000 hectares, est une triple réussite économique, sociale et paysagère.

Le site subit encore quelques transformations au début de ce siècle avec la réalisation d'importants **travaux de drainage et d'assèchement** qui auront pour résultat de modifier quelque peu la flore par la suite (ELIE *et al.*, 1910). L'épanouissement d'une végétation composite au fil des années aura également des conséquences importantes sur la faune du domaine (BACQUET, 1982) qui deviendra fort variée (lapins, faisans, cervidés...) et ne cessera de se multiplier... tout en ranimant ainsi la passion de la chasse.

Au sud de l'estuaire de l'Authie, les « propriétaires-chasseurs » moins dynamiques et dispendieux ne s'aventurent pas dans des opérations de boisement coûteuses. Il faudra attendre le début du XX^{ème} siècle pour rallumer des ardeurs éteintes.

3. Le domaine du Marquenterre: un isolement complet de la région jusqu'au XIX^{ème} siècle

3.1. Des dunes improductives couvertes d'oyats et de mauvaises herbes

Jusqu'à la fin de l'Ancien Régime, le Marquenterre, entité géographique située entre la baie de Somme et celle de l'Authie, n'offre aux visiteurs qui s'y aventurent qu'une image de terre inculte, isolée, constituée de garennes et d'un chapelet de marécages ennoyant les embouchures des estuaires et bordant à l'est les cordons émergés.

Au Moyen Age, les dunes « cerquemannées »¹ et partagées en tenures sont aux mains de puissants comme les comtes de Valloire, de Saint-Riquier ou de Cercamps (FOSSIER, 1974 et 1987).

Plus précisément, en 1595, les dunes constituent un seul fief noble du roi et sont tenues par le comte de Ponthieu (DUFETELLE, 1907). A cette époque, elles sont indiquées sur les cartes qui en font mention « **garennes de Saint-Quentin** ». Cette appellation est à nuancer

¹ Bornées et mesurées et, pour certaines d'entre elles, closes (voir *supra* p. 50).

car les garennes sont en fait comprises dans deux territoires de hameaux: la garenne de Tourmont sur le territoire de St-Quentin et les dunes proprement dites, de formation moins ancienne, sur celui de Routhiauville.

Au XVII^{ème} siècle, les dunes, mal retenues par les oyats, sont sujettes à de fréquentes variations ¹. Les vingt dernières années de ce siècle sont terribles puisque Routhiauville et St-Quentin sont complètement envahis par le sable, plus de soixante maisons sont détruites (DUFETELLE, 1899). La fixation des dunes est l'oeuvre des riverains, tous les terrains ensablés sont perdus par la communauté et profitent par contre aux seigneurs ².

Au commencement du XVIII^{ème} siècle, la garenne appartient au comte de Mailly, seigneur de la Motte et des dunes puis au comte d'Artois qui s'y réserve le droit de chasse. La situation ne s'améliore pas au cours de ce siècle d'autant plus que les oyats sont parfois coupés par les indigents des villages pour être utilisés comme combustible.

C'est la période des grands travaux militaires destinés à contenir les invasions ennemies en provenance d'Angleterre: une défense minutieuse est établie avec la création de batteries et de compagnies de garde-côtes (LEGRAND, 1985). De nombreux corps de gardes sont installés et répertoriés sur les cartes (*supra* p. 55-56). Ces corps de gardes ont besoin de grandes quantités de **bois de chauffage** et de **tourbe** que l'on va chercher dans les villages à proximité des dunes. Le premier rempart naturel formé par les dunes ne suffit pas, il faut construire des ouvrages militaires pour pallier à toute incursion et renforcer la sécurité même si pour beaucoup la côte est considérée comme absolument impraticable (BEAUCOUR, 1970).

En 1789, la garenne est vendue sous la Révolution comme propriété de l'Etat; beaucoup d'acquéreurs vont se succéder par la suite.

La Révolution apporte des changements puisqu'elle est comme un détonateur d'une nouvelle prise de conscience de la nécessité de se garantir du sable. Sur les plaintes renouvelées des habitants de Quend, le préfet de la Somme prend un arrêté en date du 19 Germinal de l'An IX autorisant la commune à dépenser 600 F / an pour les plantations d'oyats et ordonnant aux gardes-champêtres de veiller à ce que les particuliers ne les arrachent pas ou ne les fassent pas pâturer par leurs animaux. Ces années sont marquées par la naissance du Syndicat du Marquenterre qui, au moyen de trois sections (Somme, Maye, Authie), doit assurer les travaux de fixation et d'entretien des dunes (DALLERY, 1955).

En 1827, un procès verbal attribue définitivement à la commune de St-Quentin la garenne de Tourmont et à Quend le reste des dunes.

¹ cf influence climatique du Petit Age Glaciaire: forte instabilité des dunes provoquée par les tempêtes.

² « *Quand les sables de la mer se répandent sur les terres qui sont contigues aux garennes, elles accroissent de plein droit les dites garennes* » (DUFETELLE, 1907, p. 29).

Les propriétaires ne semblent pas très préoccupés de mettre en valeur leur domaine. En 1860, les « garennes de St-Quentin » forment une surface de plus de **trois mille hectares** complètement improductive ne donnant que des oyats, des lapins et des mauvaises herbes ¹.

3.2 Des propriétaires peu soucieux de boiser leur domaine

En 1877 / 1878, la garenne est partagée en **cinq lots**, 2861 ha sont vendus pour une somme totale de 650600 F ².

A la fin du XIX ème siècle, les dunes n'inspirent pas la quiétude ni la sécurité: les quelques travaux d'amélioration entrepris restent insuffisants et trop ponctuels. A cette période, le Marquenterre forme l'une des rares portions du littoral dunaire qui n'a pas été totalement fixée (THELU, 1879). Il semble bien à l'écart de la grande vague de boisement qui se produit au nord de l'Authie en transformant radicalement paysages et conditions de vie.

La végétation existante se limite aux oyats et aux « herbes » des plaines; A. Dufételle signale la présence du **genêt épineux** qui vient croître avec l'**argousier** dans les vallons ³.

Auteur d'un mémoire sur les dunes de St-Quentin paru en 1863, M.J. Mancel s'interroge sur les motifs d'une telle désaffection au boisement. Pour cette auteur, il est très délicat pour un particulier de s'engager dans des plantations de sapins ⁴ car cette oeuvre, aussi bénéfique soit-elle, n'est pas rentable à court terme et l'on risque de laisser son capital trop longtemps improductif. L'auteur poursuit en indiquant que « *les premières éclaircies susceptibles de donner un peu de bourrées n'ont guère lieu qu'au bout d'une douzaine d'années, [...] médiocre rendement encore diminué par les frais de charriage et d'enlèvement dans les chemins sablonneux des garennes* » (MANCEL, 1863, p. 155).

A la fin du XIX ème siècle, les propriétaires de la partie nord de la garenne, messieurs Petit et Renard, possédant respectivement les quatrième et cinquième lots du domaine, dressent des plans de lotissements et vendent à des particuliers des hôtels et de nombreux chalets. Ces ventes entraînent de nouveaux partages de terres et sont à l'origine

¹ « *C'est une infinité de vallons, de formes oblongues, quelquefois circulaires, séparés entre eux par des chemins [...] plusieurs chaînes de monticules de sables [...] de vastes plaines couvertes de longues herbes dont les tiges flottant au vent pouvaient bien donner une idée assez exacte des pampas de l'Amérique du Sud* » (MANCEL, 1863, p. 146 et 148).

² Les acquéreurs sont: Mr Adam (le même Adam des dunes de Condette / premier lot: partie méridionale: 1000 ha, 300000 F), Mr Pannier (deuxième lot, 600 ha, 126100 F), Mr de Rosny (troisième lot, 418 ha, 72500 F), Mr Renard (quatrième lot, 382 ha, 72000 F), Mr Petit (cinquième lot, 411 ha, 80000 F).

³ M.J. Mancel parle également « *d'essais que l'on a déjà faits à St-Quentin sur une très petite échelle* » (MANCEL, 1863, p. 155). Signalons tout de même quelques tentatives de plantations de pin maritime notées dans les flores régionales de l'époque (ELOY DE VICQ, 1876 et 1883). Le pin maritime est surtout « *planté dans les dunes où l'on essaie de le naturaliser aussi par des semis* » (ELOY DE VICQ et al., 1861-1865, p. 526).

L'instituteur de la commune de St-Quentin souligne quelques particularités de la flore littorale: pin et épine maritimes et une variété de saule rampant appelée cheche (DELECOURT, 1899).

⁴ Il est probable ici que l'auteur confonde les sapins avec les pins bien que le sapin donne un des meilleurs bois pour la marine, tant pour les mâtures que pour les bordages.

de la naissance des deux stations balnéaires de Fort-Mayon-Plage et de Quend-Plage. Contrairement au domaine du Touquet, la création des deux stations balnéaires précède la venue des premières tentatives de boisement.

Les propriétaires se contentent donc de « leur dune » qui sert d'agrément aux bains de mer, ils ne s'engagent pas dans des projets difficilement réalisables et paraissent éprouver une certaine complaisance à jouir de leur domaine de chasse.

Il manque peut-être aussi la personnalité d'un homme fort doué d'endurance et de détermination comme A.Adam ou A.J.B.Daloz.

3.3 Des plantations tardives

Vers 1900, les dunes de St-Quentin sont de nouveau fragmentées en de multiples propriétés privées. Les nouveaux propriétaires s'enhardissent et des projets de boisement se manifestent.

Il faut attendre le début de ce siècle pour assister aux premières plantations de pins. La famille **Vasseur**¹ oeuvre particulièrement dans cette tâche en s'occupant personnellement de la forestation des abords de Quend-Plage et de son territoire situé au nord. Les générations de Vasseur se succèdent, René et Jacques s'attèlent à transformer les dunes en reprenant à leur compte la « politique sylvicole et d'aménagement » de leurs ascendants. Chaque année, des pins sont introduits en plantations regarnies ou en plantations nouvelles; les abords de Quend-Plage et de Fort-Mayon « verdissent » sur plus de 200 ha. La réalisation de la famille Vasseur n'a pas le même retentissement que celle d'A.Adam ou celle de A.J.B.Daloz. Au début du XX ème siècle, les dunes du sud du Marquenterre sont encore peu boisées².

Les travaux de plus grande envergure débutent réellement après 1930 (introduction de pins maritimes et laricios).

Les dommages de guerre permettent la fixation de plus de **300 ha**³ (BLERARD *et al.*, 1983). L'Administration des Eaux et Forêts supervise la bonne utilisation de ces crédits. Lorsque les dommages de guerre sont supprimés, l'Administration donne encore des subventions importantes mais qui ne dépasse pas 50 % du montant des dépenses. Aussi, les propriétaires privés s'organisent; un arrêté préfectoral du 2 avril 1948 autorise l'association

¹ « Le Domaine de l'Aaricia », Plan Simple de Gestion, n°1052, D.D.A.F., Amiens, 1982, 11p.

² « Vous longerez cependant une pineraie de belle venue en allant du village de St-Quentin à la Pointe » (DUBOIS, 1907, p. 203).

³ L'oyat n'est pas la seule plante utilisée pour la fixation. Sur le plan technique, M.Jeanson utilise la méthode du fascinage pour les secteurs d'accès faciles. Une grande partie des dunes est également paillée chaque année en février par une équipe de travail composée de 50 à 80 ouvriers (sept à huit tonnes de paille par hectare sont répandues puis tassées à l'aide d'un tracteur spécial à roues jumulées) (DESREUMAUX, 1963 b). Lorsque la surface de sable est correctement paillée, du mélilot (légumineuse bisannuelle très résistante) est semée. Cette plante donne en deux ans une couverture végétale importante dans les dunes peu éventées.

syndicale pour la protection, la fixation et le reboisement des dunes des communes de Fort-Mayon, Quend-Plage et de St-Quentin-en-Tourmont. Cette association a à sa charge une surface de dunes de plus de 830 ha en 1952. Les **plantations de pins** (surtout pins noirs d'Autriche et laricios) deviennent florissantes au cours de la décennie 1950-1960 (FLAMENT, 1992). Près de deux millions de pins maritimes et laricio sont plantés en une quinzaine d'années entre Quend et la pointe de Saint-Quentin-en-Tourmont. A raison de 5000 pins à l'hectare, cela représente près de 400 hectares de forêts en comptant environ 20 % de déchets dans la reprise des plants (DESREUMAUX, 1963 b). Les **essences feuillues** sont également favorisées, des **peupliers** (*Populus alba*, *tremula*, *canescens*...) sont introduits par voie de bouture prioritairement dans les fonds humides.

3.4 Une vocation forestière ?

Le boisement ne constitue pas la seule priorité.

L'éclosion du domaine privé du Marquenterre après la guerre (territoire de 1000 hectares) attire de nouveaux investisseurs.

Descendant d'industriels parisiens, M. Jeanson joue une autre carte économique en entrant dans une nouvelle voie, celle de la bulbiculture (culture de tulipes, de glaïeuls et de jacinthes) (ARNAUD, 1993). Ce fut plus qu'une aventure puisque M. Jeanson devint le premier producteur français de jacinthes quelques années plus tard!

On ne peut donc pas parler de « vocation forestière » pour ces dunes du Marquenterre qui connaîtront à partir des années 1970 d'autres « vogues » comme celle du tourisme liée à l'ouverture en 1973 d'un parc ornithologique de plus de 100 ha (YELLES, 1993).

Nous nous sommes intéressés à trois grandes opérations de boisement sur ce littoral dunaire. Les trois exemples étudiés sont assez bien connus; de nombreuses sources écrites existent, elles sont enregistrées dans les principales bibliothèques municipales, dans les communes et aux archives départementales.

Les dates des travaux, les essences introduites, les méthodes et les techniques utilisées sont indiquées mais il manque souvent des précisions géographiques et cartographiques: on ne sait pas toujours où ont été effectuées précisément les plantations.

Les dunes du Pas-de-Calais et de la Somme ont servi de support à d'autres réalisations sylvicoles moins connues mais dont l'examen s'avère indispensable dans une étude consacrée à la dynamique des milieux forestiers.

D. LES AUTRES BOISEMENTS DES DUNES: LA DIVERSITE DANS LE MORCELLEMENT

1. Le boisement des dunes autour du Mont Saint-Frieux

1.1. Le Domaine de Mr Leroy Mabilille

La plupart des dunes situées autour du mont St-Frieux appartenait au début du XIX ème siècle à la famille **Leroy Mabilille**, Mr Sansot les avaient concédées aux termes d'un commun accord signé entre les deux familles en avril 1823.

Aujourd'hui ce grand domaine n'existe plus, des procédures de protections foncières ont permis au conservatoire de l'Espace Littoral de s'approprier une grande partie des terres. Cependant, quelques propriétaires privés se sont également emparés du site et s'y réservent le droit de chasse (fig. 27).

Tout comme A.Adam, Mr Leroy Mabilille associe le travail intellectuel au travail manuel puisqu'il manie régulièrement la plume en rédigeant des notes pour expliquer les méthodes qu'il préconise pour boiser son domaine. En 1863, il publie un document conséquent, sorte de petit traité sylvicole destiné à ses enfants; ce document représente le fruit de sa longue expérience en matière de boisement des dunes.

1.2. Le point de vue du sylviculteur

Fort de son expérience, Mr Leroy Mabilille prévient le néophyte de la difficulté de la tâche; de nombreux essais doivent être réalisés avant d'arriver à des résultats convenables.

Le sylviculteur est avant tout un infatigable expérimenteur. Pour s'assurer du succès d'une plantation, il faut que certaines conditions soient remplies.

Dans ses notes, Mr Leroy Mabilille décrit avec minutie les différentes étapes nécessaires à la transformation des dunes en forêt.

Le propriétaire pense que les travaux de fixation des dunes ne sont pas toujours bien faits. Sur ce point, il se détache de certains de ses collègues en recommandant un reprofilage des dunes avant d'utiliser les oyats: abattre les crêtes ou les arrondir, adoucir les pentes lorsqu'elles sont trop fortes sont pour lui presque une obligation.

Mr Leroy Mabilille insiste beaucoup sur la présence de l'eau dans les dunes, il pense que la quantité d'eau dans le sable conditionne fortement « la fertilisation » et toute entreprise de plantation d'arbre. Le propriétaire a remarqué que les bois se développent le plus facilement dans les fonds et sur les bords des fossés. Pour faire face aux sécheresses estivales, il préconise la création de **barrages dans les fonds** afin de les rendre plus humides et de tenir les eaux plus hautes. L'eau, facteur indispensable à la germination, entretient aussi

une fraîcheur au plus fort de l'été, cette fraîcheur est bénéfique à de nombreuses essences comme l'aune, le frêne, ou le saule marsault qui arrivent à lever puis à se développer sans aucune difficulté.

Mr Leroy Mabile souligne le rôle important joué par les abris protecteurs: il importe de conserver ces abris ou de n'abattre que par zones afin de toujours garder du taillis debout du côté de la mer. Pour en créer de nouveaux, le sylviculteur propose d'employer les **arbres résineux** et surtout les pins maritimes qui résistent mieux au vent de mer que tous les autres pins.

Pour lutter contre les lapins, le propriétaire rejoint les propositions des autres forestiers en consentant à utiliser tous les moyens imaginables, excepté le fusil, pour combattre cet animal.

Dès que les travaux préalables au boisement sont effectués, le propriétaire estime que toutes les conditions sont réunies pour commencer l'afforestation.

Pour construire sa forêt, Mr Leroy Mabile multiplie les essais, il joue la carte de la diversité en introduisant de nombreuses essences par des procédés très divers. Nous pouvons citer des boutures de **peuplier du Canada** utilisées dans les années 1820-1830, des graines de **bouleaux** et de **frênes** jetées dans les fonds entre 1820 et 1850, des plantations de **pins** en motte... Tout comme A. Adam, Leroy Mabile est favorable au mélange des essences à condition toutefois que l'une des essences ne domine pas les autres.

Les pins sont mêlés aux bois feuillus lorsque ces derniers forment un taillis et non une haute futaie. Ces pins sont plantés en lignes perpendiculairement au vent de mer, ils sont utiles aux taillis qu'ils abritent. La méthode de plantation en motte (motte dans des trous assez profonds laissant pénétrer l'eau jusqu'aux racines) revient moins chère que celle du semis sur place, elle est meilleure marché parce qu'on est pas obligé de revenir plusieurs fois sur le terrain.

A l'opposé de la gestion **conservatrice** érigée en modèle de vertu par A.J.B. Daloz, Mr Leroy Mabile, très préoccupé par la santé de sa forêt, adopte des méthodes de gestion beaucoup plus **dynamiques**.

1.3. Des méthodes de gestion dynamiques

Sur la manière de gérer son domaine, Mr Leroy Mabile se démarque de ses amis forestiers par le choix de ses méthodes.

Pour le traitement sylvicole de sa forêt, le propriétaire estime que les arbres jeunes doivent recevoir un maximum de soins, les interventions doivent être rapides et fortes. Il favorise les **éclaircies précoces** pour éviter que les arbres ne soient trop serrés les uns contre les autres et ne s'élancent pour respirer. Les jeunes peuplements ont également besoin d'être élagués afin d'éliminer les grosses branches latérales et éviter les branches gourmandes. Le propriétaire insiste sur la nécessité de bien élaguer: un bois mal élagué diminue de valeur et se vend mal, surtout celui employé en charpente ou pour la confection des mâts.

Mr Leroy Mabilles préconise le recépage; cette opération bénéfique permet de « rajeunir » le bois et de lui donner une plus grande vigueur.

Le propriétaire prend le plus grand soin pour aménager sa forêt, les arbres sont bien alignés et convenablement espacés, de nombreux chemins sont créés afin d'acheminer les produits des coupes.

Mr Leroy Mabilles est récompensé de ses efforts puisque ses dépenses sont remboursées par la plus value de ses produits; les bois de son domaine sont vendus très chers et achetés par sept villages à la ronde.

Bien que l'oeuvre de la famille Leroy Mabilles n'ait pas eu le même retentissement que celle d'A.Adam ou encore celle d'A.J.B.Daloz, elle fut d'égale ampleur et reçut l'approbation de tous les forestiers de la région.

Sur le littoral, d'autres familles ont participé à cet effort d'afforestation. Même si beaucoup de familles sont restées dans l'anonymat, elles ont toutes contribué, avec leur manière personnelle et leurs propres moyens, au boisement des dunes.

2. Un grand nombre de propriétés privées

2.1. Un pari difficile: la reconstitution historique des plantations

Le nombre de propriétaires de dunes dans les départements du Pas-de-Calais et de la Somme est considérable. Malgré l'aide apportée par les documents cadastraux, il n'est pas toujours facile d'estimer, pour chaque propriétaire, la surface réelle couverte de dune et encore moins de connaître la nature exacte de leur propriété: s'agit-il de dune boisée, de dune à fourrés, de dune vive...? La nomenclature cadastrale (*supra* p. 58) est bien vague à ce sujet, le vocabulaire utilisé (Bois taillis, Lande, Pâturage...) est imprécis et reflète mal la réalité du terrain. En consultant les états de section et l'état des propriétés non bâties des communes, nous avons remarqué que le qualificatif de « Lande » peut s'appliquer aussi bien à des dunes qu'à des fourrés sur sol calcaire ou à des friches sur terrains argileux...

De plus, les planches cadastrales utilisées, nonobstant leur valeur historique, constituent des documents lourds difficiles à manier, elles sont difficiles à exploiter pour retrouver les boisements anciens.

Pour obtenir de plus amples informations, nous nous sommes adressés directement aux mairies des principales communes littorales. Certaines communes ont répondu à notre demande mais beaucoup d'autres sont restées dans l'impossibilité de nous communiquer la superficie totale couverte de dune et le nom de tous les propriétaires.

Les quelques renseignements fournis ont montré la grande variété des situations. Beaucoup de différences dans les contenances ont été notées puisque des propriétaires n'ont qu'un ou deux hectares de dune alors que d'autres en possèdent beaucoup plus. La **provenance géographique** des propriétaires est diversifiée, certains d'entre eux sont étrangers à la région, ils ne résident pas de manière permanente sur le littoral et ont leur principale demeure dans une grande ville comme Lille ou Paris. Nous pouvons trouver des notables,

des industriels; des noms reviennent comme les familles **Lacroix** (propriétés à Condette, à Saint-Etienne-au-Mont...), **de Rosamel** (propriétés à Camiers, à Lefaux), **Cuvelier**, **Auguié**... Il est fréquent de retrouver ces familles à la tête de sociétés immobilières ou de groupements forestiers.

Pour quelques grandes propriétés privées (fig. 28), nous avons contacté personnellement les propriétaires dans l'espoir qu'ils nous en dévoilent plus sur leur domaine. Certains n'ont pas hésité à s'investir et à puiser dans leur documentation personnelle pour nous venir en aide.

Par ailleurs, lorsque la dune est boisée, un **Plan Simple de Gestion** est établi; ce plan donne des indications sur les plantations effectuées, l'origine des essences introduites, l'évolution des pratiques de gestion.

2.2. Des expériences de boisement nombreuses: beaucoup de tâtonnements et d'expérimentations

Finalement, le Plan Simple de Gestion est l'une des rares sources réellement exploitable.

Les Plans Simples de Gestion rendus obligatoires pour les forêts privées de plus de 25 hectares constituent des sources documentaires intéressantes pour le géographe et l'historien. Ces derniers peuvent y puiser de nombreuses informations et cartographies analytiques. Chaque plan comprend une partie descriptive présentant la forêt et son environnement (cadre naturel, facteurs écologiques de production...). Souvent les propriétaires, eux-mêmes rédacteurs, prennent le soin de rappeler brièvement l'origine de leur forêt en insistant quelque peu sur le rôle des interventions humaines: le **cadre historique** est ébauché, les premières plantations sont évoquées.

Nous avons consulté quelques uns de ces plans grâce au précieux concours du service Forêt de la D.D.A. des départements du Pas-de-Calais et de la Somme puis avons dressé une fiche récapitulative des principales forêts privées du littoral qui en possèdent un.

Le tableau synthétique (fig. 29) précise l'origine de ces forêts en donnant les dates des premières plantations lorsqu'elles sont connues.

Le **domaine Savard** n'était qu'une « dune jusqu'en 1930 »: les premières plantations se sont déroulées entre 1930 et 1953 autour de la villa de la propriété. Les plantations résineuses ont permis à des essences feuillues d'apparaître comme le sycomore ou le frêne sur les terrains les plus riches.

Dans la propriété de **P.Auguié**, qui jouxte celle de Savard, les bois totalement artificiels situés plus en retrait de la mer (600 m du front de mer) ne sont pas antérieurs à 1850: la plupart des boisements réalisés datent de moins d'un siècle, le propriétaire a opté pour une plus grande diversité des essences (pin maritime, sylvestre, laricio, châtaignier...).

La famille **Vasseur** (*supra* p. 87) se livre à des plantations de pins autour de Fort-Mahon et de Quend à partir de 1900. Les plantations sont renouvelées à chaque génération. Trois principales périodes d'enrésinement sont notées ¹; les propriétaires regarnissent systématiquement les plantations de pins en remplaçant les sujets morts par de nouveaux vivants. Ces boisements se sont révélés être une arme efficace contre les aménagements de loisir ou les projets d'urbanisation de grande envergure.

Dans les propriétés de **J.Lacroix** et de **M.G.Descamp**, la présence de l'arbre avant la Seconde Guerre mondiale n'est pas contestée mais on reste dans le flou car on ne connaît pas précisément les dates des premières plantations.

Dans certaines forêts privées, les propriétaires, désirant bien faire (stabiliser définitivement les dunes), mais confrontés à la sacro sainte rentabilité économique, ont commis l'imprudence ou plutôt la maladresse de planter pas assez en retrait de la dune bordière (voir quatrième partie; *infra* chapitre IX, A. / 1.). Dans ces conditions, le résultat fut généralement catastrophique: les pins sacrifiés ont péri, surtout dans les portions de dune mal fixées au départ par les oyats soumises à l'érosion éolienne et marine ². Les échecs de certains boisements littoraux s'expliquent aussi par la méconnaissance du milieu. Les réalités concrètes des milieux dunaires (les réalités écologiques locales) et surtout les contraintes naturelles très fortes dans ces milieux sont parfois gommées, évacuées ou, plus grave encore, oubliées ou ignorées par les propriétaires.

La lecture des Plans Simples de Gestion nous donne des informations sur les boisements réalisés, les essais entrepris et les nombreuses expériences sylvicoles. Les expérimentations sont courantes, des essences qu'on ne s'attend pas à trouver sur du sable sont essayées comme les **hêtres brise-vent** introduits vers 1850 par la famille de Rosamel à Lefaux. Beaucoup de propriétaires échouent dans leurs premières tentatives mais la plupart persévèrent, certains poursuivent par pur dilettantisme, d'autres sont trop motivés par l'importance de l'enjeu.

Toutes les forêts privées abordées sont **jeunes**, elles ne sont pas antérieures au XIX^{ème} siècle. Toutefois, une forêt littorale ³ ancienne existe dans notre domaine géographique

¹ Les trois vagues de plantations:

- 1900: Pins maritimes et laricios. Les survivants présentent aujourd'hui 80 à 150 cm de circonférence et 22 / 24 m de hauteur. La beauté de ces arbres tient plus à l'esthétisme qu'à la qualité du bois;

- 1940: Plantations avec densité initiale de 80 pieds / ha. Ces pins présentent aujourd'hui 60 / 90 cm de circonférence pour 8 à 10 m de hauteur;

- 1960: Plantations résineuses (fortes densités en front de mer: 1200 pieds / ha. Ces individus présentent aujourd'hui 5 à 6 m de hauteur, la plupart ont été rongés par le vent de mer.

² Ces échecs sont bien visibles au sud de Berck face à la baie d'Authie dans la propriété « Les Dunes Claires » de L.Tiberghien. A proximité d'un énorme siffle-vent encore très actif, des chandelles et des « arbres » à demi-enterrés, malheureux témoins des anciennes plantations, côtoient les argousiers déterrés par le mouvement de déstabilisation des dunes. Aux erreurs des gestionnaires se sont ajoutées les conséquences fâcheuses de l'érosion marine. La mer a exercé son action érosive alors que l'Authie s'est déplacée vers le nord: les dunes sapées par la mer ont reculé, le domaine a perdu plus de 6 ha depuis la dernière guerre malgré la constitution de l'épi n° 17 submersible.

³ En partie seulement: uniquement la frange dunaire exposée au vent marin. Pour le reste, la forêt domaniale d'Hardelot doit être qualifiée de forêt sublittorale.

d'étude, il s'agit de la **forêt domaniale d'Hardelot**, sorte de vieux vestige forestier ayant résisté à l'usure du temps. Ici, le parcours historique n'est pas le même, nous devons nous arrêter quelques instants sur ce cas particulier.

3. Un cas particulier: la forêt domaniale d'Hardelot

3.1. Une forêt ancienne et préservée

La forêt domaniale d'Hardelot ne ressemble pas aux autres forêts littorales implantées au XIX^{ème} siècle pour stabiliser les dunes.

C'est au cours du Moyen Age que la forêt de Condette prend définitivement le nom d'Hardelot, nom du château tout proche où les comtes de Boulogne entreprenaient fréquemment chasses et battues (BEAUDEL, 1984). Remarquablement administrée au cours des siècles, la forêt résiste aux conflits incessants qui sévissent dans la région: certes la superficie varie, mais les nombreux gardes ou sergents sont chargés de veiller à l'entretien et à la conservation des bois. Au Moyen Age, le château d'Hardelot est non seulement un poste stratégique mais aussi un centre de chasse et le siège d'une grosse recette de produits forestiers (DUBOIS, 1908). A cette époque, les dunes se prêtent aux exploits de fauconnerie. Les « connins » (lapins de garenne), tiennent une place importante; c'est en « connins » que sont perçues certaines redevances.

A la fin du XVII^{ème} siècle, la superficie de la forêt est comparable à celle d'aujourd'hui. Longtemps royale, la forêt devient impériale après la Révolution lorsque Napoléon réorganise le système de l'Ancien Régime par le Code Forestier puis domaniale (BEAUDEL, 1984).

Le procès verbal de révision d'aménagement établi en 1972 nous apprend que la forêt connut une petite période d'enrésinement à la fin du siècle dernier (**pin laricio de Corse** introduits vers 1880). Déjà **Jacques Le Porcq**, avocat boulonnais, avait fait quelques tentatives de plantations de pins à la Claire Eau vers 1820.

Cependant, la forêt domaniale d'Hardelot est un peu en marge des grandes périodes de plantations qui se produisent à partir du XIX^{ème} siècle dans nos dunes. Les enrésinements ont peu d'écho, ils ont toutefois leur importance puisque les premiers abris protecteurs sont créés (« lisière d'abri » constituée d'une ou de plusieurs rangées de résineux). De plus, l'une des premières préoccupations des fondateurs de la station balnéaire d'Hardelot-Plage est de stabiliser les dunes par des plantations de milliers d'oyats (CHAPPEY *et al.*, 1981).

Géologiquement, la forêt s'étend sur des formations sédimentaires variées. Les terrains du Jurassique et du Crétacé dominant, les faciès représentés sont nombreux (argiles, sables glauconieux, sables argileux...). La partie dunaire, très réduite, se limite à la frange externe du côté de la mer, légèrement surélevée et davantage exposée à l'influence des vents marins. Le long de cette frange bien exposée, les arbres rencontrent de nombreuses contraintes spécifiques et en particulier des contraintes climatiques (vent, embrun) qui

réduisent leur croissance en hauteur et sont le moteur d'une forte pression de sélection rendant les arbres particulièrement sensibles surtout lorsque des conditions climatiques exceptionnelles ou inhabituelles apparaissent (vague de froid ou de sécheresse, tempête...).

3.2. Le dépérissement chronique des chênes

De tout temps, les aménagistes se sont aperçus des difficultés de croissance des arbres situés en lisière de forêt, en bord de mer ou en zones dégagées. Déjà en 1666, les commissaires réformateurs remarquaient dans les cantons occidentaux de la forêt (série de la Claire-Eau) la triste apparence des chênes pédonculés souvent brûlés par le vent marin chargé de sable et de sel ¹. A cette époque, les chênaies, privées d'abri protecteur, comportaient des peuplements morts sur pied, chandelles brûlées par les vents marins (DUBOIS *et al.*, 1991). En effet, les vieilles réserves de chênes pédonculés n'étaient pas protégées comme maintenant de la violence des vents par les plantations de pins effectuées sur les bordures les plus exposées et sur les crêtes. Ces chênes subissaient de fortes contraintes qui agissaient presque en permanence et réduisaient leur croissance en hauteur et leur longévité ². Aujourd'hui, le dépérissement des chênes n'est plus d'actualité, d'autres essences ont pris le relais, notamment les pins maritimes.

Excepté le cas particulier d'Hardelot, toutes les autres forêts littorales du Nord de la France, qu'elles soient à présent publiques ou privées, sont nées à partir d'initiatives personnelles et grâce à la volonté d'hommes déterminés qui ont su se mettre au service de l'intérêt général tout en menant leur propre carrière.

3. Les conséquences des boisements

3.1. L'augmentation de la valeur de la dune

Après 1820, on constate une augmentation significative du prix de vente des propriétés de garennes.

¹ Il est reconnu que le chêne présente une bonne résistance physiologique et mécanique aux tempêtes et à la constance des vents marins (DOLL, 1988).

Ce n'était pas le vent, en lui-même, qui était facteur de risque, mais c'était ce qu'il transportait: embrun et surtout sable. Le sable crible l'écorce de ses milliers de grains de quartz qui finissent par la polir et parfois même y restent incrustés (BOULY DE LESDAIN, 1912).

² « Le chêne ne saurait se maintenir vieux dans cette forêt non seulement dans les parties les plus rapprochées de la mer, mais aussi sur tous les points élevés où il manque d'abri [...] il vient mieux dans les fonds où les vents de mer ne peuvent l'atteindre » (ADMINISTRATION DES FORETS, 1880, p. 13).

« Les chênes ne prospèrent plus dès l'âge de 120 à 150 ans; leur tige se couvre de gourmands qui se nourrissent au dépens de la cime » (ADMINISTRATION DES FORETS, 1880, p. 18).

Une tendance générale se dégage puisque les propriétés augmentent toutes de valeur pour dépasser la barre des 100000 F à la fin du XIX^{ème} siècle (fig. 30).

Les « garennes » **non boisées** ayant reçu peu de travaux d'amélioration et d'entretien connaissent des variations légères de leur prix de vente, régulières (propriété de Merlimont) ou plus irrégulières (propriété de Berck). Les « garennes » transformées en **forêt dunaire** enregistrent une montée spectaculaire de leur prix de vente (dix à dix-huit fois le prix d'avant les boisements); une véritable dynamique foncière est née avec les boisements.

De plus, les terres arables contiguës aux garennes se vendent facilement sans dépréciation notable. Les boisements ont ramené la richesse agricole; les récoltes sont préservées, la petite culture a même pris possession de quelques plaines ou bas fonds enclavés au milieu des sables, jadis insalubres, puis transformés grâce aux plantations.

Le boisement est donc un gage de **sécurité** pour l'agriculture et un élément nouveau de richesse pour la puissance publique¹.

Les sociétés littorales ne vivent plus persécutées dans la hantise d'une tempête ou d'un ensablement: la possession de leur terrain n'est plus éphémère mais définitive, elles peuvent dès lors occuper et exploiter leur terre en toute sérénité².

L'afforestation a profondément modifié l'espace « naturel » initial; elle a entraîné une « **socialisation croissante** » du système littoral et un début d'haliotropisme³ (CORLAY, 1995). Il semble qu'une forêt « bien construite » n'ait pas la même signification socio-spatiale qu'une garenne à lapin⁴ (figs. 31 et 32).

L'urbanisation côtière si hésitante commence à se développer sérieusement parallèlement aux plantations, elle vient se marier peu à peu aux espaces boisés. Les constructions ne sont plus menacées comme l'hôpital de Berck-sur-mer (BILLAUDAZ *et al.*, 1979; MACQUET-MICHEDEZ, 1981).

L'augmentation de la valeur des dunes entraîne un **morcellement des propriétés** (BOUCHERON, 1986). C'est aussi la transformation radicale d'un territoire utilisé de façon usagère en un territoire fermement approprié sur le plan foncier et cadastral.

¹ Beaucoup de propriétaires prennent conscience que la forêt est évidemment un placement de capitaux à gros intérêt.

² La fixation définitive des dunes grâce au boisement est un facteur de stabilité et d'enracinement de la population littorale. « Colbert, au XVII^{ème} siècle, puisa, pour les transplanter à Fort-Mardyck, toute une population de marins désœuvrée par l'ensablement de la Canche » (MERRIEN, 1959, p. 74).

³ Le phénomène d'haliotropisme évoque la transformation du littoral de « territoire du vide » en territoire de plein ou du trop-plein (CORLAY, 1995).

Si l'afforestation induit une « socialisation » du système littoral, elle déclenche également des problèmes d'ordre relationnel entre des groupes bien ancrés (notamment les chasseurs) et ceux à la recherche d'un ancrage en quête d'identité et d'intégration (comme les notables parisiens ou étrangers désireux d'acheter des terres et de construire dans les dunes).

⁴ P.J.Desreumaux parle d'une transformation de dunes de sable en « Terre Promise » (DESREUMAUX, 1963 a).

« Le sable, c'était la mort. Fixer la dune, la verdir, c'était donner une chance à la vie » (DESREUMAUX, 1963 b, p. 3).

L'urbanisation se traduit par la naissance des stations balnéaires, comme Le Touquet-Paris-Plage en 1882 ou St-Gabriel ¹; la forêt prend une dimension sociale et devient multifonctionnelle.

En transformant un paysage lunaire en un cadre verdoyant et agréable pour la population riveraine, la forêt représente un atout non négligeable pour le **tourisme de villégiature**. Cependant, le boisement ne constitue pas la cause du développement balnéaire. La forêt ne fait qu'accompagner ce développement, d'autres facteurs sont prioritaires comme l'extension du réseau ferroviaire au début du XX^{ème} siècle.

Mais, pour les stations balnéaires anciennes, le boisement peut constituer un plus et augmenter considérablement la clientèle de la station en attirant de nombreux estivants toujours captivés par le charme profond résultant de l'union de la mer et de la forêt. A Berck, P. MACQUET déplore l'absence de boisement des dunes. Ce dernier recommande vivement la création d'une forêt afin d'apporter à la clientèle de la station, constituée principalement de malades, un élément nouveau qui faciliterait l'acclimatation de leur organisme à l'air vivifiant de la plage (MACQUET, 1945).

Sur le plan de la foresterie, les boisements ont suscité la naissance **d'activités sylvicoles**.

Beaucoup de propriétaires concilient le plaisir et le revenu de la chasse avec la production de bois. A la fin du XIX^{ème} siècle, produire du bois est appréciable et devient même un enjeu avec les besoins de la marine et de l'industrie, obligées de tirer la plupart de leurs bois résineux de la Norvège et du Danemark (BERTIN *et al.*, 1877). L'exploitation du fer et du charbon dans le Nord de la France alimente d'importants **marchés de bois de mine**, les résineux partent par trains entiers du littoral à partir des années 1880-1890.

Par contre, il ne semble pas y avoir eu de liaison directe entre les chantiers navals de Berck, à leur apogée à partir des années 1870-1880, et les productions ligneuses du littoral. En effet, l'achat des bois nécessaire au chantier se faisait directement dans la région mais pas spécifiquement sur le littoral dunaire: les livraisons pouvaient se faire à partir de St-Josse ou de Verton; des importations des bois du Nord transitaient par Calais. Visiblement, les constructeurs de bateaux recherchaient du produit d'excellente qualité, notamment du bois de chêne. Afin de les rendre plus travaillables, les bois étaient enterrés sur la plage pendant plusieurs mois (GONSSEAUME, 1987). Les bois situés au bord de la côte n'attiraient probablement pas.

Certaines personnes restent sceptiques quant au rendement procuré par l'exploitation de ces forêts. Elles pensent que les dunes pourraient donner, en pratiquant par exemple des cultures de plantes fourragères ou maraîchères, un produit infiniment supérieur à celui qu'elle donne en pratiquant la sylviculture.

Les avantages financiers sont indéniables mais, si la situation pécuniaire des propriétaires est bonne, elle ne l'est pas forcément pour la population riveraine.

¹ Le même phénomène est observé plus au nord, en Belgique, avec la station balnéaire de La Panne. Les premiers hôtels apparaissent à partir de 1893 alors que les premiers essais de sylviculture s'étaient déroulés vers 1840 (RAHIR, 1928).

En effet, on constate, au début du XX^{ème} siècle, que l'exploitation des forêts dunaires n'a pas réellement permis de revigorer l'économie régionale et de donner aux populations littorales les moyens de travail et de subsistance. C. CEPÉDE parle d'une sous-exploitation des forêts du littoral (CEPEDE, 1913-1916). Afin d'y remédier, C. CEPÉDE propose d'utiliser le saule argenté des dunes (*Salix repens ssp argentea*) pour l'**industrie vannière**¹. Agronome et biologiste, C. CEPÉDE pense que la culture du saule aurait, entre autres, le double avantage de mettre en valeur une quantité considérable de dunes et de créer une nouvelle industrie qui pourrait faire vivre une partie des populations du littoral.

D'un point de vue strictement écologique et végétal, la création d'une ambiance sylvatique a profondément modifié l'écologie des sites dunaires: recul de la végétation des bas marais, baisse de la nappe phréatique particulièrement dans les plaines. Les petites rivières ne sont plus obstruées et retrouvent leur cours naturel.

Dans la forêt du Touquet, les travaux d'assèchement menés de pair avec les plantations et poursuivis durant plusieurs années ont eu des conséquences sur le fonctionnement de l'écosystème forestier, des modifications floristiques se sont manifestées.

La forêt littorale, véritable forêt artificielle de substitution, en donnant de beaux groupements forestiers d'intérêt sylvicole, a aussi entraîné une très nette diminution de la **diversité biologique** du milieu dunaire.

Les travaux de boisement, en amenant de nouvelles espèces d'arbres, ont également pour résultat de contrecarrer l'évolution naturelle et de modifier les caractéristiques du dynamisme végétal dans les dunes.

3.2. Le véritable départ de la dynamique forestière

En établissant artificiellement un stade forestier, l'homme a induit l'apparition de nouvelles évolutions caractérisées par une succession de phases déterminées par la **dynamique interne** régnant au sein de l'écosystème forestier.

Le boisement du littoral dunaire a contribué à la création ou à l'amplification d'une véritable **ambiance sylvatique** dans les dunes; la venue de cette ambiance est essentielle pour comprendre les manifestations de la dynamique forestière (fig. 33) et l'évolution ultérieure des forêts littorales.

En édifiant et en exploitant la forêt, les propriétaires ont engendré une nouvelle dynamique en substituant au cycle sylvigénétique naturel (quand il existait) un cycle contrôlé par l'homme.

¹ Le saule argenté est une variété d'osier poussant à l'état spontané dans les dunes.

« Les racines décortiquées de toutes grosseurs peuvent être utilisées avec profit pour remplacer le rotin dans toute l'industrie de la vannerie » (CEPEDE, 1913-1916, p. 241).

La création d'une forêt va donc fournir de nouvelles conditions favorables au développement et à la perpétuation d'autres essences (fig. 34).

L'afforestation explique l'arrivée puis l'épanouissement d'espèces typiquement forestières, c'est aussi l'apparition d'espèces d'arbres non spécifiquement liées au milieu dunaire: espèces introduites s'autorégénérant ou espèces opportunistes situées à proximité des dunes profitant de ces nouvelles conditions pour germer et se développer.

Par ailleurs, l'incessant va-et-vient des hommes et de leurs activités a eu pour conséquence d'apporter des graines de plantes variées de l'intérieur: les sites dunaires se sont donc peuplés d'une multitude d'espèces précédemment absentes.

Dans la plupart des dunes du Nord de la France, l'établissement d'une végétation artificielle représente le véritable point de départ de la dynamique forestière.

Après un temps de « réaction du milieu », l'arrivée d'une ambiance forestière va modifier les conditions écologiques préexistantes et engendrer l'alternance ou le remplacement des espèces lié au double mécanisme d'amélioration du milieu (cf sol) et de compétition. A partir de ce moment, les phénomènes de dynamique forestière (apparition / disparition des essences) sont sous la dépendance des activités humaines (intensité de la gestion), des stratégies adaptatives des essences présentes (liées à leur éthologie) et de l'environnement préexistant (rôle des semenciers situés à proximité et du potentiel de semences disponibles).

Nous verrons plus loin (*infra*, chapitre IX, A. / 1.2.3.), par l'étude de l'évolution forestière et des types de succession, que les dynamiques sont non seulement présentes à l'intérieur des forêts mais également (et surtout !) sur leurs **marges**, c'est-à-dire au niveau des lisières forestières, là où la reconquête végétale est forte et où la forêt se reconstitue naturellement aux dépens des zones agricoles ou des zones boisées antérieurement laissées à l'abandon et mal gérées depuis des périodes plus ou moins reculées.

Si l'homme est un constructeur de forêt, il est aussi un facteur de diversification des espèces vivantes et un agent essentiel de la dynamique forestière: son action et ses interventions ont permis à de nombreuses essences de s'exprimer et de réorienter ainsi les potentialités végétales dans les dunes.

Désormais, on ne peut plus raisonner sur la végétation potentielle « naturelle » des dunes, c'est-à-dire celle vers laquelle évoluait la végétation des dunes avant les boisements; le boisement a induit des infléchissements aux phénomènes évolutifs (fig. 35): les potentialités sont déviées et réorientées.

Sur les plans écologiques et économiques, les conséquences des boisements sont donc multiples et diversifiées.

Nous reviendrons dans la quatrième partie, avec à l'appui de nombreuses observations de terrains, sur ces évolutions forestières et sur les schémas relatifs au fonctionnement et à la dynamique de la végétation ligneuse.



CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE

Le but de cette seconde partie était d'analyser la dynamique des paysages dunaires dans une certaine « épaisseur » de temps.

Le pas de temps long a montré comment les dunes et la végétation qui leur est associée se sont progressivement constituées puis de quelle manière elles ont évolué jusqu'au XX^{ème} siècle.

Cette longue durée est faite de ruptures ou de discontinuités dont l'importance est fonction de la nature et de l'intensité des forces qui les ont provoquées. En définitive, une évolution lente peut être heurtée par des événements brusques susceptibles d'induire des renversements de tendances.

Ces quelques réflexions nous conduisent à la notion de crise.

La crise *climatique* du « Petit Age de Glace » (DUPLESSY, 1989; JONES, 1990; LE ROY LADURIE, 1967; RASOOL, 1989; WIGLEY *et al.*, 1981), d'une incontestable portée sur la remobilisation des dunes, s'exprime à l'**amont** par des faits de climatologie dynamique¹ ou de dynamique littorale² et se confirme à l'**aval** par de nombreux témoignages humains. En effet, les multiples témoignages des XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles que nous avons recueillis dans notre tableau synoptique (annexe 2) forment des documents sériels, qualitatifs apparemment hétérogènes, discontinus, parfois anecdotiques ou subjectifs mais néanmoins précis.

Leur répétitivité a montré que les hommes ont « vécu » des changements climatiques. Cette période d'avancée des dunes a eu un impact très sensible sur les populations humaines qui l'ont vécue. Histoire climatique et histoire événementielle se rejoignent (LE ROY LADURIE, 1967; PETIT-RENAUD, 1992). A partir de l'étude des conséquences humaines, on peut donc collecter des données sur les phénomènes naturels et sur les climats du passé.

Il existe aussi des crises d'ordre *géomorphologique*.

Nous avons constaté, grâce notamment à la palynologie, que la théorie de Bio-Rhexistase chère à H. Erhart et à J. Tricart s'appliquait remarquablement bien au milieu dunaire.

Les manifestations de la dynamique sont aussi cycliques. Des périodes de « calme » ou de rémission dans l'activité dunaire sont favorables à l'apparition de la végétation et des sols tandis qu'une remobilisation des sables annihile toute colonisation végétale, détruit la végétation préexistante et vient rompre l'évolution pédologique en fossilissant les sols qui

¹ Période de détérioration climatique avec modification de la circulation atmosphérique, forte fréquence et intensité des tempêtes, modification du régime des précipitations (hivers froids et secs, étés humides) (LAMB, 1977; GROVE, 1988).

Les invasions de sable ne sont pas spécifiques au littoral du Nord de la France puisque on relève à la même époque (surtout XVIII^{ème} siècle) les mêmes dégâts occasionnés par l'avancée des dunes en Bretagne ou dans le SW britannique (MEUR, 1993).

² Accroissement du stock de matériel sédimentaire disponible sur l'avant-côte; élargissement des espaces infralittoraux sableux (PASKOFF, 1993).

s'étaient développés. Les sols ou « horizons diagnostics » qui ont servi de base aux Pays-Bas pour définir les différents complexes dunaires sont une illustration de ce phénomène.

La crise est également *anthropique*.

Cette crise est vue ici en tant que rupture de rythme ou de renversement de tendance dans une évolution. C'est aussi le sens premier du mot crise, son étymologie grecque « krisis », le choix, représenté par l'afforestation. La création des forêts littorales avec la constitution d'une véritable ambiance sylvatique est non un aboutissement mais un point de départ pour la dynamique de la végétation forestière. C'est une crise dans la mesure où l'homme induit une nouvelle dynamique et pas seulement végétale puisque l'on a vu qu'il s'agissait de l'ensemble d'un territoire.

Retracer l'évolution des dunes et de la couverture végétale à l'aide de sources historiques trop lacunaires n'est pas aisé. Une étude globale du milieu dans une perspective dynamique doit intégrer d'autres sources documentaires et d'autres méthodes de travail.

Dans la partie suivante, le pas de temps s'amenuit; le rythme n'est plus séculaire, il devient décennal ou annuel.

La photographie aérienne offre une qualité d'information qui s'adapte particulièrement bien à cette nouvelle échelle de durée.

L'imagerie satellitale doit aussi être intégrée dans cette démarche. Mais nous verrons que les images Spot ou Landsat ont surtout une valeur régionale même si les possibilités offertes par les techniques de traitement informatisé permettent de travailler à des niveaux scalaires variés. Par ailleurs, les échelles de temps ne sont pas les mêmes que pour les photographies aériennes. L'image-satellite permet de réaliser un suivi de la dynamique en diachronie sur quelques années ou sur des périodes très courtes (année, saison).

Aussi, dans l'extraction des données image, nous nous attacherons davantage à la perception spatiale des paysages plutôt qu'à leur perception temporelle.

TROISIEME PARTIE

La télédétection aérienne et spatiale: un outil performant pour un suivi de la dynamique

Chapitre V: LES GRANDS TRAITS DE L'EVOLUTION DES DUNES ET DE LA VEGETATION A PARTIR DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES

A. LES GRANDS AVANTAGES DE L'EMPLOI DE LA PHOTOGRAPHIE AERIENNE EN MILIEU DUNAIRE

1. Donner des informations locales tout en gardant une possibilité de vision globale sur l'ensemble d'un massif

L'emploi de la photographie aérienne pour étudier les milieux dunaires n'est pas très courante dans le nord de la France.

P.Roubine a exploité des clichés panchromatiques pour mener une étude photogéologique du nord du bassin de la Canche (ROUBINE, 1962); C.Blerard et V.Vergne ont étudié la dynamique des dunes picardes et de la couverture végétale depuis la Seconde Guerre mondiale (BLERARD *et al.*, 1983).

Sur le littoral, les marais maritimes ont suscité davantage de travaux à l'aide de documents photographiques (REGRAIN, 1980). Souvent, les études quantifient les changements du littoral: mesure des variations de surface, quantification des surfaces gagnées ou perdues (DUBOIS, 1990).

Pourtant, la télédétection aérienne constitue un outil de travail très adapté pour l'étude des dunes, de leur **morphologie** ou de la **végétation** qui y est représentée (LUTZ *et al.*, 1970).

Il faut insister sur le fait que la photographie aérienne présente par rapport à l'observation au sol de nombreux avantages: l'analyse des clichés photographiques permet de donner une vue d'ensemble et de fixer dans le temps et dans l'espace les rapports entre les différents éléments du paysage (GIRARD M.C. & C.M., 1989).

Par ailleurs, ces photographies constituent des documents bruts très exhaustifs (GABERT *et al.*, 1992): les informations, même si elles sont parfois plus difficiles à identifier, sont plus nombreuses et plus variées que celles figurant sur les cartes. Ces données brutes constituent une véritable « banque de données » à partir de laquelle il faut se livrer à une analyse détaillée.

L'arbre ne doit pas cacher la forêt, il ne s'agit pas de se perdre dans les détails: le travail du photo-interpréteur consiste à réaliser une analyse qualitative détaillée de tout ce qui se trouve au sol en choisissant les bons regroupements et les bonnes classifications (CHALON, 1991).

Il faut, bien entendu, tenir compte de la **variabilité des échelles** (TRICART, 1994). La précision de l'identification en dépend: une échelle voisine du 1/30000 ° ne convient que pour l'étude d'associations de formes, non pour celles de formes individuelles.

Pour l'étude de la végétation dunaire et du couvert végétal, la photographie aérienne se révèle essentielle. Alliée à la **prospection du terrain**, elle constitue un outil remarquable.

2. Discriminer et analyser les principales structures physionomiques des éléments du tapis végétal

Les photographies **infrarouge couleurs** sont l'outil de travail privilégié pour l'étude de la végétation (BONN *et al.*, 1993). L'analyse de ce type de document permet de tirer une grande variété d'informations sur les conditions biophysiques et sur les ressources végétales d'un site. En contrepartie, les prises de vues infrarouge ont un coût plus élevé par rapport aux films panchromatiques ou en couleurs naturelles. Ces derniers, plus limités au plan spectral, ne sont sensibles qu'à l'ensemble du spectre visible¹.

Bien qu'ils ne soient pas parfaits pour étudier toutes les finesses de la végétation dunaire, les clichés noirs et blancs seront largement utilisés dans notre étude car leur **coût moins élevé** et leur **périodicité très grande** en font deux atouts incontestables.

Les contrastes entre secteurs boisés et non boisés sont très nets; les nuances décelées à l'intérieur des unités de végétation vont dépendre de la date, de l'échelle et de la qualité intrinsèque des émulsions (CARRE, 1971; DELAUNAY *et al.*, 1982).

Les sables vifs vont se différencier sans problème des sables à oyat ou des portions de dunes embroussaillées.

Les missions panchromatiques permettent la délimitation des surfaces résineuses², localisent les secteurs où le boisement est lâche, les secteurs où la forêt est plus dense. En forêt, l'interprétation est limitée à l'observation du **toit des objets**, ce qui exclut toute étude des éléments sous-jacents. En outre, une analyse qualitative détaillée peut déceler dans une forêt sans trop de difficultés les zones incultes ou d'exploitation, les zones nouvellement boisées...

La photographie aérienne permet une approche spatiale, des types de **morphologies forestières** pourront être distingués. Des parcelles de formes et de tailles irrégulières vont se détacher d'un parcellaire aux contours plutôt géométriques.

Les clichés sont utiles, non seulement pour étudier en elles-mêmes des surfaces, mais aussi pour **tracer des limites** (AMAT *et al.*, 1983 et 1984). Ce dernier élément constitue un réel avantage pour le géographe qui a la possibilité de remédier aux inconvénients du terrain. En effet, chacun sait qu'en milieu dunaire, les surfaces sont souvent imbriquées et les délimitations ne sont pas toujours très nettes pour un observateur au sol.

¹ Ce qui pose un problème...car les végétaux possèdent des réflectances pratiquement identiques dans l'ensemble du spectre visible (SCANVIC, 1983). De plus, les facteurs intervenant dans la variation de réflectance des végétaux sont très nombreux (BOUCHOT, 1985), ce qui complique encore plus la tâche du photo-interpréteur.

² Lorsque les clichés sont de bonne qualité, ce qui n'est pas toujours le cas.

En fixant régulièrement un paysage au sol, les photographies aériennes sont très performantes pour étudier les **changements dans l'occupation du sol**, pour établir des séries de comparaisons ou pour apprécier l'évolution des couvertures végétales.

3. Apprécier la dynamique du milieu grâce à une vue synoptique et répétitive de la même région d'étude

3.1. Le temps d'observation: une période d'observation longue

Contrairement aux documents Spot ou Landsat trop récents, le suivi peut être pluridécennal. A Merlimont, la série chronologique de toutes les photographies aériennes s'étale sur une période de cinquante-quatre ans. Dans le domaine du Marquenterre, soixante-cinq années d'évolution sont retracées: le premier document photographique date de 1926¹, le dernier mis à notre disposition est de 1991.

Certes, les cartes géographiques de l'I.G.N. permettent aussi de faire des observations très étalées dans le temps mais elles sont moins précieuses car les missions successives de prises de vues sont plus fréquentes que les rééditions des cartes topographiques.

3.2. Une étude de l'évolution des paysages et des rapports entre les différents éléments du paysage

La technique des photographies aériennes peut rendre de grands services pour comparer les étendues sableuses ou les surfaces boisées à des dates différentes, à condition que la répétitivité soit bonne, ce qui donne un avantage certain aux missions rapprochées pour examiner la migration des dunes, des flèches littorales ou pour connaître précisément en biogéographie l'extension prise par une espèce ou un groupe d'espèces. La **dynamique de la végétation** est analysée, des cartes d'extension du couvert forestier peuvent être dressées...

La comparaison des couvertures successives aura pour objet de reconstituer plus ou moins complètement des évolutions et de mesurer des vitesses moyennes d'apparition ou de disparition de certains faits géographiques. Pour la végétation ligneuse, il s'agira de connaître la vitesse de colonisation des dunes par les bouleaux ou par d'autres essences. Parfois, des couvertures prises à des saisons variées vont faire apparaître les mêmes faits, mais de manière différente en rendant certains plus évidents.

En comparant des missions prises à des intervalles de temps rapprochés, il est possible d'établir des séries de rapprochements entre des ordres de faits différents: on peut,

¹ Les premières « vues aériennes » sur la Côte d'Opale datent en fait de la fin du XIX^{ème} siècle avec l'aérophotographie par cerf-volant (photographies aériennes obliques) (AUTHA *et al.*, 1988).

par exemple, étudier la progression de la végétation des dunes en rapport avec les variations du modelé ou avec les travaux d'aménagement ou de restauration dunaire (fixation des sables).

Si elle est répétée dans le temps, la couverture aérienne permet de suivre l'évolution de tous les **travaux d'aménagement**, tant sylvicoles que cynégétiques.

Bien sûr toute l'évolution n'est pas enregistrée: les transformations lentes ne posent pas de problèmes; par contre, les changements plus brusques (par exemple un enrésinement) susceptibles de renversements dans le sens d'une évolution sont plus difficiles à saisir. L'idéal est donc de disposer d'un maximum de clichés très rapprochés afin de dater très précisément les événements et de suivre le plus finement possible la **naissance et l'évolution des phénomènes**.

Il est évident que l'étude dynamique sera plus axée sur les changements qualitatifs des grands traits géomorphologiques et végétaux plutôt que sur la quantification de ces mêmes changements.

B. ESSAI D'APPROCHE OBJECTIVE DE L'EVOLUTION DES DUNES ET DE LA COUVERTURE VEGETALE A PARTIR DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES

1. De la photo-identification à la photo-interprétation

L'analyse des photographies aériennes a toujours comme but une **interprétation**. Le but est d'établir des cartes d'une même région à différentes époques. Le processus d'interprétation est **visuel**, il transforme les données brutes contenues dans la photo en éléments d'information rattachés à une localisation géographique.

La méthode d'analyse basée sur la photo-interprétation a l'inconvénient de masquer certains détails et de laisser place à une certaine subjectivité.

Aussi, afin d'éviter les erreurs grossières ou les approximations, la photo-interprétation doit nécessairement se décomposer en différentes étapes (fig. 36).

Nous nous sommes inspirés de la méthode de Girard qui sépare trois phases dans une analyse: l'identification, la détermination puis enfin l'interprétation (GIRARD C.M. & M.C., 1975).

Tout d'abord, il s'agit, dans un continuum de grisés, de rechercher des surfaces caractérisées par une certaine homogénéité: des zones isophènes ou zones d'égale apparence (Z.E.A.)¹ sont délimitées.

Le nombre de ces zones est lié à l'échelle et au grain de la photographie. A l'intérieur de celles-ci, des différences mineures de tons et de formes créent une hétérogénéité plus ou moins forte: des éléments, disposés d'une façon régulière ou non, s'individualisent. Dès que la Z.E.A. est reconnue, elle est analysée dans le détail à l'aide des différents critères

¹ Terme proposé par P. Poissonnet (IZARD *et al.*, 1969).

d'identification. Ces critères sont au nombre de six (fig. 36), leur analyse détaillée constitue une première ébauche du travail.

La **texture**¹ traduit de quoi est faite la Z.E.A. (taches, points, cercles...); la **structure** exprime l'organisation et les relations entre les éléments texturaux. Dans le cas d'une structure homogène, la zone considérée est composée d'éléments semblables.

Le critère de **teinte** ne donne que des différences relatives, il doit être utilisé avec précaution. Des types de végétations forestières qui ne se distinguent pas par leur apparence de teinte pourront alors se distinguer par leur apparence texturale.

La **stéréophotographie** est essentielle, elle permet la vision du relief et donne une profondeur aux images (fig. 37). L'observation stéréoscopique facilite la reconnaissance de la morphologie des formations et permet d'étudier la topographie (pente, exposition), la déflation ou les conditions d'humidité et de drainage dans les dunes.

Les critères de **forme** et **d'environnement** (limite, relation avec le voisinage) complètent l'étude de la Z.E.A.

Dès que l'analyse est terminée, il est permis de passer à la phase suivante: l'identification ou la détermination. Les différentes parties constitutives de la Z.E.A. sont identifiées (on identifie par exemple un creux, une végétation basse, quelques arbustes disséminés...) ou déterminées par déduction (une topographie plane, une végétation basse et un ton gris sombre vont déterminer par exemple l'humidité).

C'est seulement à partir de ce moment que l'on peut interpréter en considérant que l'interprète possède les connaissances suffisantes sur le milieu et la région d'étude. L'explication de ce que l'on voit vient donc après l'identification des objets.

Au départ, lorsque l'expérience fait défaut, le contrôle au sol est obligatoire pour s'assurer de la crédibilité de l'interprétation.

L'ancienneté des documents photographiques pose un problème pour les vérifications terrains. La démarche doit donc être régressive: il faut partir de la connaissance du paysage actuel et procéder par comparaison ou déduction pour reconstituer le paysage du passé. Lorsque l'on a pu repérer précisément sur le terrain une Z.E.A. ou une portion de Z.E.A., on peut s'assurer que cette zone témoin en quelque sorte servira de référence et il n'y aura pas lieu de revenir sur le terrain à chaque fois que la Z.E.A. réapparaît.

La démarche exposée sera donc adoptée pour les cartographies qui vont suivre. Mais, pour ne pas trop alourdir le travail, les différentes étapes explicitées ici ne seront pas décomposées dans le détail. Par contre, les cartes seront souvent accompagnées de tableaux explicatifs afin de préciser les caractéristiques des Z.E.A.

¹ La texture est liée au grain de l'émulsion (CHEVALIER, 1971). Un élément textural correspond à la plus petite zone que l'on peut individualiser sur une photographie dans laquelle un changement de caractère n'est pas décelable (BARIOU, 1978). En forêt, la texture sera donnée par la rugosité de surface (« toit » de l'objet).

2. Utilisation des clichés séquentiels noir et blanc pour une cartographie dynamique des systèmes dunaires

2.1. Le nord de l'estuaire de la Canche: le secteur de Dannes et du Mont Saint-Frieux

Nous nous sommes intéressés aux dunes situées au sud d'Hardelot (fig. 38), le nord ayant déjà fait l'objet d'une étude précédente (PETIT-BERGHEM, 1992).

La particularité du site du Mont St-Frieux se justifie par l'existence d'une butte calcaire (sommet du mont à 152 m d'altitude) sur laquelle sont venus se plaquer les sables dunaires¹. La présence d'une ligne de sources au pied de ce relief alimente des ruisseaux et des zones humides totalement inclus dans le site.

En 1947, les dunes vives sont très étalées, les formes de remaniement éolien en arrière de la dune bordière sont particulièrement bien développées (fig. 39). Nous sommes en présence de dunes basses échancrées par des couloirs de déflation transversaux. Des langues sableuses s'allongent dans le sens des vents dominants. Des « pourrières » et de véritables dunes transgressives ont progressé vers l'intérieur en « submergeant » la végétation préexistante.

Dans la partie dunaire très exposée et déstabilisée par la guerre, nous trouvons des végétations arbustives de vallées humides (de fonds): des taches d'argousaies ou de fourrés hygrophiles se distinguent des dunes vives par leur caractère de teinte, elles se localisent déjà très à proximité de l'estran. Ces taches s'étendent pour la plupart dans la direction des vents dominants (SW / NE), elles peuvent être en relation avec des nappes d'eau (aquifère dunaire et aquifère crayeux sous-jacent) affleurantes au pied de dunes paraboliques ou d'arcs de paraboles. Les creux dunaires ne fournissent rien à la déflation éolienne car leur plancher se situe au niveau de la nappe, ils sont donc colonisés facilement par des fourrés où domine l'argousier.

En 1947, la végétation forestière est jeune (relief stéréoscopique moyen) et fréquemment entrouverte; l'exploitation des arbres liée au conflit mondial a laissé de nombreuses traces comme des clairières ou des lignes de coupe. Le Mont St-Frieux servait de base militaire pour l'occupant (ANONYME, 1985; LEMAIRE, 1990). Les allemands ont aménagé les abords du mont, des pistes militaires généralement ensablées sont clairement discernables sur les clichés.

En 1989, ces traces léguées par la dernière guerre se sont peu à peu estompées sous l'action d'une vigoureuse dynamique ligneuse: les trous de bombes et les sentiers édifiés par les allemands ne sont plus visibles.

¹ C'est surtout sur le flanc sud du Mont Saint-Frieux que s'est déposée sur le sous-sol calcaire une couche d'épaisseur variable de sable dunaire.

La surface couverte de forêt a largement progressé et pas seulement dans les dunes puisque l'enrésinement et l'essaimage naturel encadrent également bien le sommet du Mont Saint-Frieux (fig. 40).

Au sein de la forêt, des éléments texturaux se détachent et surplombent le reste de la voûte forestière: ces éléments correspondent à de vieux arbres élancés, peut-être des pins plantés que nous avons rencontrés à proximité des chalets de St-Frieux.

Les **résineux** sont dominants mais les essences présentes en forêt apparaissent en fait variées et éparpillées ça et là dans le massif.

Frêne, érable et bouleau sont les principaux feuillus rencontrés. Les conifères sont répartis en parcelles rectangulaires ou disséminés entre les autres types forestiers. Les petits bois rectangulaires montrent une structure et une répartition par âge assez peu diversifiées. Ces bois constituent des noyaux de départ autour desquels s'est organisé un développement sporadique. Un parcellaire géométrique peut se rencontrer aussi chez les feuillus; des alignements de peupliers sont facilement repérables sur les clichés de 1989.

Près de la dune bordière, les frondaisons résineuses, toujours bien présentes, sont taillées en biseau. Les fourrés arrivent très en bordure de côte. Le long de cette côte d'érosion marine, la zonation classique dune blanche / grise / noire - fourrés dunaires n'existe pas ou est fréquemment tronquée. Des inversions sont possibles puisque les broussailles peuvent précéder des petites sections de dune blanche ou grise.

2.2. Le secteur du Touquet-Paris-Plage

En 1947, le littoral en bordure du centre de la station balnéaire est déjà loti alors même que les dunes ne sont pas fixées. Au sud de la station balnéaire, les dunes « pénètrent » directement dans les habitations (fig. 41).

Les dunes blanches, très remaniées et déstabilisées, donnent naissance à l'arrière à des siffles-vents et à des surfaces de déflation d'importance notable. Les travaux de fixation sont quasi inexistant, le sable vient recouvrir certaines voies routières. Quelques bas fourrés émergent au sein des dépressions dunaires.

En 1947, la forêt, bien présente sur le site, est cependant fréquemment entrouverte. Les ponctions de bois ont été nombreuses pendant l'occupation, seule la partie SE paraît relativement préservée.

Les bombardements aériens ont occasionné d'importantes pertes ligneuses. Ces bombardements qui avaient pour objectif prioritaire de toucher les points névralgiques de la ville se localisent en bordure des avenues forestières. Même si ce n'était pas le but recherché, le belligérant a aussi tué l'arbre dans cet espace dunaire où il existait déjà pendant la guerre une certaine communion entre le bâti urbain et le boisement.

En 1989, l'urbanisation se traduit en front de mer par la densification de l'habitat avec la construction de nouveaux immeubles et à l'arrière par la prolifération anarchique de résidences secondaires et de pavillons individuels (fig. 42).

A cette date, le cordon dunaire bien végétalisé assure la protection du rivage et est à même de protéger les terrains situés à l'intérieur des attaques du vent et de la mer.

Les travaux de restauration sur ce cordon sont presque achevés, les espaces de sable nu se sont raréfiés considérablement.

Cependant, il reste à proximité de la station deux plages d'envol d'importance notable et quelques siffles-vents localisés à proximité du lotissement de May-Village¹. A proximité de cet ensemble, les dunes ont été déstabilisées par modification de leur profil.

Les fourrés se sont développés en se densifiant nettement. La dune à broussailles présente des variations significatives selon la position topographique. Dans les dépressions, la dynamique ligneuse n'est pas contrariée par l'action du vent, l'humidité accrue facilite les germinations; sur les crêtes ou les flancs des édifices dunaires, la végétation arbustive présente un aspect plus discontinu et enchevêtré.

Les photographies de 1989 permettent une meilleure approche des peuplements forestiers.

Les peuplements résineux se concentrent majoritairement au SE de la station sur les parties de dunes les plus élevées (« plateaux »). L'essence prédominante est le **pin maritime**. Il s'agit d'arbres vieillis pour la plupart non éclaircis et pour lesquels le renouvellement lié à leur état sanitaire pose de sérieux problèmes quant au choix d'une méthode d'aménagement. La rugosité lisse sur les clichés aériens trahit de fortes densités de peuplements initiales. En fait, le pin maritime a été peu exploité car les différents propriétaires ont toujours estimé que son exploitation (et donc sa disparition progressive) enlèverait un certain cachet au cadre paysager de la forêt du Touquet.

Les feuillus caractérisent les secteurs bas et humides (« fonds »); les essences sont principalement à base de **chênes pédonculés** avec quelques bosquets de **frênes** aux endroits les plus frais.

Dans les parties forestières où l'influence anthropique est la plus forte, il existe des peuplements d'allure irrégulière renforcés par la présence à l'état disséminé de vieilles réserves.

L'espace forestier apparaît de plus en plus morcelé. En effet, hébergements et équipements destinés à satisfaire les besoins de la clientèle estivale conduisent à une consommation d'espace considérable.

La multiplication des routes d'accès au rivage au travers des dunes forestières conduit à tronçonner le massif dunaire. D'une manière générale, le réseau de circulation s'est intensifié avec la création de nouvelles voies routières, de pistes cavalières ou d'allées promenades. Un réseau dense d'avenues et de chemins communaux ou privés découpe le massif forestier.

Les clichés montrent que le parcellaire forestier est établi en utilisant souvent comme base principale les allées des lotissements.

L'étalement des équipements touristiques (golf, camping-caravaning, lotissement...) porte atteinte au patrimoine forestier. En 1989, la pratique du lotissement s'est généralisée; la forêt est grignotée, les projets immobiliers contribuent à étendre l'urbanisation à ses dépens.

¹ Pour la déstabilisation des dunes bordières, « l'enduro des sables » du Touquet est aussi à prendre en compte. Voir à ce sujet l'étude réalisée par l'institut européen d'écologie en 1980: « Les effets de « l'enduro des sables » sur les dunes du Touquet à Merlimont », Metz, 33 p.

2.3. Le sud de l'Authie: le domaine du Marquenterre

Pour le Marquenterre, les observations in situ sont restées limitées car il était difficile d'accéder physiquement au terrain en raison de la nature juridique de la propriété.

Un document photographique original détenu par la famille Jeanson a été reproduit, il fournit une idée de la physionomie des paysages du Marquenterre en **1926** (fig. 43). Il s'agit d'une reconstitution du paysage: des fragments de photographies ont été découpés puis rassemblés comme pour un puzzle. L'interprétation des teintes est délicate, il est vraisemblable que les clichés assemblés ne soient pas tous de la même date (saison différente). En dépit de cette difficulté, force est de constater que des boisements aussi bien anthropiques que naturels existaient déjà en 1926.

A titre de comparaison, nous avons introduit la reproduction d'un cliché photographique daté d'octobre **1947**.

Entre les deux dates, la végétation est apparue dans quelques secteurs, elle est venue rompre la continuité des dunes vives. Une dynamique naturelle d'embroussaillage est nettement visible pour les dunes internes. Une surface rectangulaire claire de 1926 correspond en partie en 1947 à l'emplacement d'un parcellaire géométrique de boisement. L'orientation de la ligne de côte n'est pas la même entre les deux documents ¹: est-ce que cette différence est imputable au montage manuel des photographies ou peut-on l'attribuer à la dynamique littorale ?

En 1947, la dune bordière, déstabilisée par la guerre, est couverte essentiellement de végétation herbacée spontanée puis de fourrés d'argousiers. L'avancement des dunes va jusqu'au recouvrement des premiers lotissements aux abords de la station balnéaire de Quend-Plage (fig. 44).

De larges plages de sable nu alternent avec des couloirs étroits. Nous sommes en présence d'un chaos de dunes sans direction privilégiée. Cependant, on a l'impression que se détachent deux chaînes parallèles de 20 à 30 m de hauteur séparées par une dépression centrale (ligne de dépression Nord / Sud). Une maigre végétation apparaît çà et là, surtout dans les creux interdunaires. Les crêtes sur le bord du rivage offrent un aspect plutôt dénudé.

La grande écharpe de dune blanche bien visible sur les émulsions subit une **dynamique d'embroussaillage**. La régularité monotone de cet alignement de dunes est rompue par la vue à l'est d'une dépression centrale assez large montrant une plus grande diversité de milieux végétaux.

En 1947, la **végétation forestière** se localise rarement à l'écart des cordons dunaires. Cependant, des boisements isolés (\pm 50 m large sur 100 m long) se localisent dans la dépression dunaire. Les critères de forme et d'environnement sont suffisants pour statuer sur leur origine: il s'agit de boisement d'origine anthropique. Dans ces zones basses et humides, nous pouvons supposer qu'il est question de plantations de peupliers.

¹ On ne retrouve pas la concavité bien visible sur les photographies de 1947.

En 1974, les dunes devenues fixées prennent plusieurs faciès depuis la dune couverte de pelouses et de fourrés jusqu'à la dune boisée (fig. 45). Une politique de fixation et de boisement s'est développée au cours des années 1960-1970. Les carroyages des plantations d'oyats et les travaux de fascinages en gradins sont clairement représentés sur les clichés. Les carroyages suivent les courbes de niveau ou les lignes de plus grande pente des dunes.

En 1974, le parc ornithologique vient juste d'ouvrir et les plaines sont aménagées pour l'horticulture. Certaines « pannes » sont labourées et cultivées pour la **bulbiculture**.

D'une manière générale, depuis 1947, la végétation a progressé et s'est amplifiée. Cependant, certains boisements présents sur les missions antérieures ont disparu en 1974. Des surfaces ont donc vu leur couvert forestier régresser ou disparaître: les zones cultivées ou pâturées ont progressé à leurs dépens.

Les boisements sont tantôt naturels, tantôt en massifs aux contours assez nets et d'âges différents. Les clichés montrent une certaine logique géographique du boisement: les jeunes plantations de pin sont surtout réalisées sur les flancs des dunes et en position sommitale (crête dunaire), rarement en contrebas dans les creux ou la dépression centrale. Le boisement environne également la station balnéaire de Quend-Plage, une continuité du couvert forestier se dégage. Une bande forestière est apparue dans le prolongement des digues du parc du Marquenterre. Dans la partie centrale, la forêt est peu représentée, les boisements deviennent épars; la dynamique forestière est contrariée par la présence de fourrés impénétrables et par des pratiques humaines diversifiées ¹ (pâturage, labour, fauche...).

Les dunes boisées peu représentées en 1947 sont donc plus importantes en 1974 principalement vers l'intérieur et dans la partie méridionale.

En 1991, l'afforestation progresse encore, notamment vers l'ouest: des petits boisements linéaires d'origine anthropique et orientés pour la plupart Nord / Sud ont pour résultat de mettre en position très avancée les arbres qui arrivent à proximité de l'estran (fig. 46). L'extension de ces boisements en « timbre-poste » a provoqué une « géométrification » des lisières.

Les missions successives, notamment celles de 1974 et de 1991, montrent que les caractéristiques principales de cette forêt de substitution sont l'hétérogénéité des densités (variété texturale, irrégularité du toit), l'étalement des maturités (plusieurs étages se différencient au vu de l'examen stéréoscopique) et le morcellement des parcelles.

Ce dernier caractère, le morcellement, est bien mis en évidence sur les clichés de 1991: l'étude morphologique met en exergue des différences géographiques notables dans l'organisation du boisement et du parcellaire.

¹ L'introduction de mouton Shetland vers 1950-1960 a facilité l'élimination des arbustes dans la dépression.

A l'est, il y a une certaine continuité de la masse forestière, le parcellaire plus ou moins diffus et irrégulier montre plusieurs générations de pins et des travaux de plantation très étalés dans le temps.

A l'ouest, à proximité de la dune bordière et aux abords de Quend-Plage, la forêt n'existe plus réellement, elle fait place à toute une série de boqueteaux isolés, de dimension petite ou moyenne, directement « plaqués » dans les dunes. Dans ce cas, le parcellaire est géométrique, les limites sont franches et artificielles. L'examen du toit de la formation montre une surface lisse; les plantations sont homogènes, elles ont été faites simultanément mais des décalages sont possibles entre les périodes de plantation pour chacun de ces boqueteaux.

La dynamique littorale se traduit par des évolutions sédimentaires (bilan érosion / sédimentation) et par des déplacements de la ligne de rivage.

Le secteur sud du Marquenterre supporte une érosion due à la présence d'un musoir. La situation est plus complexe dans le détail, des zones d'accumulation sont possibles. La sédimentation s'exprime aussi par la formation d'un banc bien alimenté en sable (fig. 46).

Le grand secteur d'accumulation de cette côte sud est situé à la pointe de Saint-Quentin, la progression des dunes embryonnaires est importante de 1974 à 1991.

L'anse Bidard constitue le principal secteur d'érosion, le banc de l'anse encore visible sur les clichés de 1974 se résorbe progressivement pour laisser place à une zone marécageuse couverte de végétation. En 1991, la mer attaque cette partie cotière et la végétation ligneuse est directement exposée à l'érosion marine. L'érosion a placé en front de mer des fourrés denses ou des boisements qui témoignent aussi d'un net recul.

Les trois sites étudiés donnent un aperçu des profonds changements qu'a subi le littoral dunaire et plus spécialement la couverture végétale qui y est associée depuis l'immédiate après guerre jusqu'à la période actuelle.

Les cartographies dynamiques réalisées traduisent une évolution réelle mais trop schématique: des faits géographiques sont reconnus (plantation feuillue / résineuse, urbanisation, développement du tourisme balnéaire...), des tendances évolutives sont dégagées (embroussaillage, résorption des siffles-vents...), mais il manque des précisions d'ordre chronologique ou temporelle (durée des processus évolutifs, date des plantations...). En définitive, l'analyse est trop réductrice et simplifiée. De plus, le contrôle terrain n'a pas pu toujours se faire dans les meilleures conditions pour de multiples raisons: difficulté d'accès, manque de temps pour étudier en détail certaines zones...

Aussi, pour exploiter davantage cet outil performant que représente la photographie aérienne et surtout pour en étudier toutes ses possibilités, nous avons tenté d'aller au-delà de cette première esquisse de travail en étudiant plus finement un site pour lequel nous avons effectué un grand nombre d'observations de terrain.

A **Merlimont**, le dialogue avec le terrain fut constant; une bonne connaissance du milieu et de la végétation a pu lever les ambiguïtés rencontrées lors de la première analyse des clichés. Plus d'une cinquantaine de photographies aériennes ont été consultées à des

intervalles de temps très rapprochés (quatre à huit années entre chaque mission), elles ont servi de support aux différentes réalisations cartographiques.

C. PHOTO-INTERPRETATION DETAILLEE DU SYSTEME DUNAIRE DE BERCK-MERLIMONT DEPUIS 1940

1. Un raccourci saisissant de l'histoire: l'évolution pluridécennale (1940-1994)

1.1. Les clichés britanniques: juin 1940 et juin 1944

Des photographies aériennes prises par l'**armée britannique** lors de la Seconde Guerre mondiale fournies par l'université de Keele (University Keele Staffordshire) ont été consultées avec profit.

La petitesse de l'échelle pour les clichés du **6 juin 1940** (environ 1/44000) rend délicate une étude précise. Un agrandissement a été réalisé pour cette mission particulière (fig. 47): bien qu'il soit un peu flou, il restitue assez fidèlement la réalité du paysage et constitue surtout un premier document de référence sur lequel vont se baser les observations des missions suivantes.

La grande échelle (environ 1/9700) des photographies de **1944**¹ nous donne quelques précisions intéressantes: la dynamique dunaire et la répartition spatiale de la végétation, étroitement corrélées, peuvent être étudiées plus finement.

Les nombreux linéaments visibles sur la photographie de 1944 correspondent à des chemins de pénétration fréquentés par l'occupant et par les propriétaires lors des battues pendant les périodes de chasse (fig. 48). Des voies de passage relient aussi le domaine privé au village de Merlimont. Au sujet de ces voies, nous ne connaissons pas précisément quand elles ont cessé d'être utilisées par les bêtes à cornes des villageois (ESTADIEU-TOUPIOL, 1959).

Entre 1940 et 1944, les chemins se sont développés de manière conséquente sur le site; ces voies de terre aménagées sous l'occupation trahissent une exploitation du milieu et une mise à profit des ressources forestières: beaucoup de secteurs boisés sont entrouverts, les arbres coupés par l'occupant sont destinés à la confection de pieux Rommel. Il semble que les allemands aient privilégié certains secteurs dans leurs prélèvements: la partie nord de l'actuelle Réserve Biologique Domaniale est épargnée alors que le sud subit davantage de ponctions (fig. 47). Les secteurs boisés exploités sont traversés par de nombreux linéaments clairs; ces lignes élémentaires correspondent aux chemins d'évacuation des produits des coupes.

¹ Ces photographies prises durant la guerre sont bien plus exploitables que les cartes topographiques (Deutscheheereskarte) établies par l'armée allemande:

- n° 5 / 5-6 Montreuil XXI, publiée en 1944 (levés de 1942), 1/25000;

- n° 4 / 5-6 Boulogne-sur-mer, publiée en 1944 (levés de 1942), 1/25000.

Les pertes ligneuses dues aux bombardements aériens sont presque insignifiantes: la géographie des trous de bombe montre que ceux-ci sont concentrés majoritairement dans la dépression dunaire à proximité des chemins ou au voisinage de l'aérodrome de Berck.

Sur les clichés de 1944, les dunes vives du cordon interne dominant; les formes de ce système dunaire encore actif sont complexes dans le détail et présentent un degré d'évolution variable (fig. 48).

Au pied de ces dunes, l'activité de déflation favorise le développement de petites dépressions où la nappe d'eau affleure. Ces dépressions humides sont des « pannes » ou des ébauches de « pannes ». Certaines d'entre elles ont leur pourtour renforcé par la présence d'un bourrelet sableux, elles sont colonisées en périphérie par une frange ligneuse arbustive voire arborescente (**pastille 2**).

A proximité des crêtes dunaies (**pastille 1**), il y a incompatibilité entre des actions éoliennes intenses et une couverture végétale dense, la surface est généralement complètement nue et parfaitement observable.

Les dunes internes sont très étalées et découpées profondément par de larges couloirs de déflation. Ces couloirs juxtaposent dans le détail aires de déflation et zones d'accumulation secondaire. A l'arrière, les couloirs s'élargissent, la topographie confuse est marquée par l'alternance de creux et de petites buttes résiduelles; beaucoup de creux de déflation et autres phénomènes de caoudeyrisation se traduisent souvent par un violent contraste de teinte. Les creux ou cuvettes de déflation s'allongent dans le sens des vents dominants (WSW / ENE). A l'arrière du secteur 3 (**pastille 3**), le front externe du large couloir arrive tout à proximité du parcellaire rural.

L'apparition de la végétation ligneuse est fortement conditionnée par la morphologie dunaire: au contact du cordon dunaire, dans les sites topographiques bas et abrités, la végétation se contracte et se densifie. Contrairement à ce qui se passe dans la dépression dunaire, les végétaux ne se répartissent pas isolément mais choisissent une stratégie de groupe. L'examen stéréoscopique montre, nonobstant les effets d'ombrage, que la végétation offre une répartition spatiale différenciée en fonction de fines variations du modelé dunaire: les versants de dune exposés au nord (frais et humides) sont toujours bien plus mis en valeur par les végétaux que ceux exposés au sud. Cependant, le facteur humain doit aussi être pris en compte pour expliquer la répartition spatiale de certains secteurs boisés.

Si l'influence de l'homme se manifeste sur la photographie aérienne par l'existence de voies de pénétration et de zones cultivées (**pastille 9**), elle se traduit également dans la linéarité de certaines limites et l'assemblage des surfaces. L'anthropisation a pu jouer sur les limites prises par les groupements végétaux: par le biais de l'analyse de la structure spatiale de l'**unité 4**, on constate qu'il y a indéniablement une influence humaine. En effet, s'il s'agit d'une unité naturelle, pourquoi s'arrête-t-elle brusquement au niveau d'un chemin ? Dans ce secteur, le propriétaire a certainement planté des espèces d'arbres (genre *Populus*) et les a favorisées vis-à-vis d'autres espèces qui se seraient peut-être développées dans le milieu au-delà de ce chemin.

L'analyse physiologique et structurale permet de déceler des différences de densité et de repérer facilement des secteurs entrouverts. Le critère de teinte est utilisé en combinaison avec les critères de forme et de taille. A cette échelle, le phénomène « d'ombre portée » se voit bien, le feuillage très léger du bouleau donne des ombres portées très nettes. L'émulsion panchromatique ne permet pas de faire une différenciation des essences. Même en combinant grisés et texture, il n'est guère possible d'envisager une analyse spécifique. Par contre, l'étude du grain de la photographie permet d'appréhender des différences de rugosité. Une rugosité très fine correspond à une végétation homogène de bouleau pubescent structurée en taillis. Une rugosité plus forte introduit plus de nuances dans l'organisation structurale, plusieurs strates de végétation se dégagent (structure en T.S.F.). La forme du toit varie avec l'âge et la densité de la végétation. Cette forme est peu marquée lorsque la densité est importante ou lorsque les arbres sont jeunes et de petite taille (**secteur 4**). Mais, pour des individus isolés de la même espèce, la forme du feuillage donnée par le grain de la photographie aérienne peut changer, cette forme varie en fonction du lieu et donc en fonction des conditions dans lesquelles s'est faite la croissance des végétaux. Les difficultés pour identifier les végétaux ligneux sont donc bien réelles... L'analyse de la structure permet de répondre à certains problèmes; par exemple, dans le **secteur 5**, la structure hétérogène à aspect ponctué et irrégulier traduit un mode d'organisation spatiale des ligneux bien différent de celui du **secteur 4**.

Dans la dépression dunaire, les différences de tons observés peuvent être attribuées à des différences d'humidité: avec l'augmentation de l'humidité superficielle, la clarté s'amenuise. Des interférences sont possibles avec la végétation, les végétaux en plein développement végétatif donnent des teintes très claires (hautes herbes et graminées dans le **secteur 8**, à tendance mésohygrophile, plus « sec » que le **secteur 7**).

1.2. La mission couleur de mai 1994

Pour saisir toute la transformation du paysage et pour montrer la rapidité de l'évolution dans ce milieu, nous avons introduit, à titre de comparaison, une reproduction d'un cliché couleur de mai 1994 (fig. 49). Nous avons ainsi deux documents (photos de 1944 et 1994) reproduits sensiblement à la même échelle et représentant approximativement le même secteur géographique. Ces deux photographies aériennes prises à cinquante ans d'intervalle présentent un intérêt historique dans la mesure où elles fixent l'aspect et l'état d'un milieu et de la végétation qui y est associée à un moment donné.

Sans entrer dans les détails, l'analyse du cliché de 1994 appelle plusieurs remarques.

Certaines mares ou « pannes » (deux mares dans la dépression centrale près du **secteur 2**) déjà existantes sur le cliché de 1944 ont subi quelques travaux d'aménagement pour les besoins de la chasse, elles sont devenues aujourd'hui des étangs privés destinés à la chasse au gibier d'eau. La déflation a permis l'apparition d'une nouvelle panne (sud du **secteur 3**) entre deux crêtes dunaires. Cette petite clairière, non réaménagée ni recreusée par les propriétaires, encore inondable au mois de mai, est colonisée en son centre par des espèces ligneuses hygrophiles (bouleaux, aulnes, saules).

Les nombreux trous de bombes, très apparents sur la photographie de 1944, ne sont plus guère visibles en 1994 sauf quelques uns situés à proximité des chemins. Ces trous de bombes constituent parfois des sites d'implantation préférentielle pour les ligneux, notamment les saules.

Les dunes vives du cordon dunaire interne ont beaucoup régressé, une végétation naturelle ligneuse a progressé sur les flancs des dunes et dans les larges couloirs évoqués sur le cliché de 1944.

Le réseau de drainage s'est considérablement étoffé dans la dépression centrale, il est en relation avec les mares cynégétiques ou avec les boisements artificiels de pins (plantations à l'emplacement de la **pastille 6**).

La limite foncière entre la dune communale (D.C.) et la Réserve Biologique Domaniale (R.B.D.) se lit remarquablement bien dans le paysage avec ce passage brutal entre les géofaciès « naturels » ou fort emprunts de « naturalité » (R.B.D.) et le géofaciès artificiel de la pinède littorale (D.C.).

Dans la dépression centrale, les tons gris clair mentionnés sur la photographie de 1944 (**pastille 8**) correspondent aux secteurs jaune paille ou vert clair du cliché couleur de 1994. Ces secteurs constituent des petites enclaves où la dynamique ligneuse ne s'est pas manifestée. Excepté une petite étendue qui est la traduction d'une ancienne culture à maïs, ces surfaces se rapportent le plus souvent à un pré mésohygrophile à hautes herbes dominé par des graminées sociales telles que *Calamagrostis epigejos* ou *Holcus lanatus*. Aussi, ces secteurs, très tôt occupés par ces espèces, sont toujours restés défavorables à l'implantation des arbres et au départ d'une dynamique ligneuse¹.

Bref, la comparaison des deux documents photographiques est très enrichissante, mais c'est également un raccourci saisissant de l'histoire d'un site qui a connu une évolution complexe en cinquante ans. Aussi, une utilisation de clichés séquentiels très rapprochés dans le temps s'avère indispensable s'il on désire mieux « décortiquer » cette évolution et comprendre les différentes étapes de la mise en valeur.

2. Comparaison des clichés multi-dates: perception des changements qualitatifs et de l'intensité des faits dynamiques

Les différentes couvertures aériennes mises à notre disposition de 1947 à 1989 permettent d'avoir une vue synoptique et répétitive de la même région d'étude. Ces clichés séquentiels noir et blanc offrent la possibilité d'étudier plus finement et d'apprécier la dynamique de ces milieux dunaires très changeants.

¹ Cette observation montre qu'il existe une certaine analogie entre les dynamiques végétales liées à la bétulaie littorale et celles qui se développent dans les bétulaies des terrils du Nord de la France.

Parlant de la bétulaie à *Calamagrostis epigeios*, D. Petit (1980 et 1982) mentionne que « *La forte sociabilité du Calamagrostis limite beaucoup la pénétration des ligneux à l'intérieur du groupement [...] les deux espèces pionnières s'excluent mutuellement lorsque la colonisation a été assurée par une seule d'entre elles: le Calamagrostis ne pénètre pas ou reste très chétif dans une bétulaie pionnière, le bouleau ne s'installe que très difficilement dans une friche à Calamagrostis* » (PETIT, 1980, p. 121).

2.1. Analyse de la mission de 1947

Les clichés panchromatiques de 1947 montrent un grand morcellement du paysage, les stigmates de la guerre sont encore nettement visibles (fig. 50). Les trous de bombe, remplis d'eau, forment des points noirs auréolés de plages claires blanchâtres (sable nu). L'actuelle Réserve Biologique prend l'apparence d'un véritable « polémo-paysage »¹ bouleversé sous la coalescence des entonnoirs d'explosion. Les traces de la guerre se structurent en « polémo-modelés » complexes (exacerbation des formes de déflation, siffles-vents très actifs...) dessinant une microtopographie heurtée et chaotique.

Le premier tiers occidental de la zone d'étude correspondant au cordon externe est caractérisé par une véritable topographie lunaire et une désorganisation des modelés à l'échelle métrique. Les strates ligneuses basses et les herbacées semblent avoir été soufflées ou recouvertes par un épandage sableux à la faveur d'une brusque rupture de pente entre la dune bordière et les portions de dunes avoisinantes.

Le **cordon externe** pas du tout stabilisé est caractérisé par un cortège de formes de déflation et d'accumulation, ce cordon n'a pas freiné la migration du sable vers l'intérieur et le véritable « ennoyage » des végétations préexistantes. Beaucoup de siffles-vents bien développés évoluent en petites dunes paraboliques, leur coalescence aboutit à la formation de dunes accolées en « rateau ». Certaines petites dunes se chevauchent et montrent que leur formation s'est étalée dans le temps.

L'ancienne ligne de chemin de fer qui reliait au début du siècle Berck à Merlimont est encore partiellement visible sur le cliché, elle est encadrée dans une masse considérable de matériaux sableux.

Dans le premier cordon dunaire, la couverture végétale offre plusieurs visages: elle est très discontinue (dune piquetée d'oyats) ou davantage continue en formant des plages grises monotones dans les secteurs plus abrités. Dans ces derniers sites, la végétation est favorisée, elle ressort avec des teintes plus soutenues, généralement plus sombres. Cette logique de localisation montre que la végétation n'apparaît que là où la surface offre une certaine stabilité et, par rétroaction, accroît cette même stabilité.

L'humidité de la dépression interdunaire se traduit sur les photographies aériennes par des taches ou des bandes foncées; lorsque cette humidité est inégalement répartie, des taches de forte intensité sur un fond plus clair donnent des formes de marbrures.

Dans ces lieux, la répartition des végétaux est conditionnée par une contrainte majeure, **l'eau**, qui influe sur le volume de la végétation (densité, stratification) et sur sa localisation (en bandes, ponctuelle...). Le centre de la dépression est caractérisé par une structure homogène dominée par les teintes grises et ponctuée de quelques plages noires de petite dimension attribuées certainement à la réapparition fugace de l'argousier. Les mares permanentes, habituellement très sombres, peuvent sur cette mission paraître anormalement réfléchantes (gris clair voire blanc): ce simple fait traduit un comblement ou un ensablement.

¹ Nous reprenons ici une expression du biogéographe J.P. Amat qui a travaillé sur les conséquences de la guerre sur les paysages forestiers dans l'Est de la France (AMAT, 1991).

L'instabilité du milieu dunaire exerce encore à cette époque une limitation sur la richesse en espèces ligneuses. C'est directement **au contact du cordon interne** que les végétaux ligneux s'expriment plus à leur avantage.

Dans le secteur boisé, plusieurs teintes sont observées, la texture n'est pas homogène, ce qui laisse supposer la coexistence de plusieurs espèces d'arbres ¹. Les végétaux ligneux apparaissent en ordre serré à l'emplacement d'anciens couloirs de déflation qui constituent localement dans la topographie du site des mini-talwegs propices à l'installation et à l'épanouissement d'une végétation arbustive et arborescente. D'autres éléments ligneux sont notés près du lieu-dit « La Plaine Bouchard » ²; une frange ligneuse épouse les contours d'une vaste clairière, qui correspond aujourd'hui à une surface emblavée.

Dans les anciens couloirs de déflation, il semble que la présence d'un niveau piézométrique assez proche du sol ait réduit considérablement le volume de sable mobilisable. Plus précisément, l'examen stéréoscopique de ce secteur montre que la forme du toit n'est pas homogène, elle peut changer assez rapidement: les formes sont tantôt très peu marquées et traduisent la présence d'arbres jeunes de petite taille, tantôt beaucoup plus accentuées et signalent des sujets plus vieux aux couronnes très individualisées (structure « moutonnée » faisant ressortir fortement les houppiers).

Nous pouvons donc observer dans cette bordure boisée se localisant au contact du cordon dunaire ancien que la taille de la végétation n'est pas homogène. La hauteur, qui est également significative de l'âge, semble varier considérablement. Mais, il faut retenir, au vue de l'examen des clichés, l'opposition entre quelques gros arbres témoins d'une exploitation précédente (certainement les portes graines sélectionnés par les allemands et épargnés par les coupes abusives de la Seconde Guerre mondiale ³) et d'autres végétaux arborés beaucoup plus chétifs regroupés sous la forme d'un bas taillis.

On apprécie déjà bien sur ces clichés de 1947 la présence humaine par le biais de toutes les « lignes de pénétrations » qui quadrillent la dépression interdunaire et les nombreux layons de chasse.

2.2. Analyse des missions de 1955 et 1963

L'étude attentive des clichés de 1955 permet de juger de la réalisation des premiers travaux de fixation sur les deux cordons dunaires (fig. 51).

Les touffettes d'oyats décrivant des lignes parallèles et plantées à intervalles réguliers sont nettement repérables sur les clichés par leur forme caractéristique: linéaments clairs ou foncés sur un fond blanchâtre (**pastille 1**). La densité des plants est fonction de la situation, de l'exposition et de la technique employée.

¹ Une carte topographique du domaine d'étude (Montreuil N°6, 1/20000) dressée et publiée par l'I.G.N. en 1952 mais dont les levés datent de 1950 indique, précisément à l'emplacement de ce secteur boisé, des conifères (sans doute des pins maritimes) uniformément répartis et quelques peupliers très localisés.

² Lieu-dit situé dans la dune communale (en limite avec la Réserve Biologique Domaniale au sud)

³ Durant la guerre, de nombreuses coupes de bois ont lieu dans les dunes communales et dans les propriétés privées sans aucune autorisation. Mais, au début du conflit, l'exploitation reste encore faible « *puisque les taillis pré-forestiers ne semblent pas trop manquer autour de Berck-Merlimont* » (VASSEUR, 1993, p. 18).

A cette date, les dunes n'ont pas encore retrouvé leur équilibre. Les portions de dune situées à proximité immédiate des premières habitations de Merlimont-Plage ont fait l'objet de soins particuliers. Les parties échanquées et très exposées du cordon interne paraissent plus chargées en travaux de restauration que celles de son homologue situées à proximité de la mer (cordon dunaire externe). Ce deuxième cordon constitue encore à cette période une menace permanente pour l'arrière-pays agricole.

La fixation des premiers bourrelets dunaires est importante car la progression de la végétation des dunes est extrêmement dépendante de l'évolution de ce cordon externe et de la maîtrise de la dynamique éolienne. L'absence de travaux de fixation sur quelques sections de la dune bordière entre 1947 et 1955 a entraîné la progression d'un complexe de dunes transgressives (**pastille 2**) vers le nord-est. Ce déplacement des dunes s'est répercuté inévitablement sur l'équilibre biologique du système dunaire littoral: la perturbation du milieu à l'ouest a eu des conséquences immédiates vers l'est avec une avancée des sables sur la végétation préexistante.

Par ailleurs, la déflation s'est développée dans la direction des vents dominants (SW-NE) entre les crêtes du cordon interne jusqu'au moment où le sable humide a été atteint: des petites panes de déflation se sont formées (**pastille 3**).

Entre 1947 et 1955, très peu de changements sont notés dans la **dépression interdunaire**. La végétation ligneuse n'a pas vraiment progressé comme si un facteur limitant (forte activité spatiale des lapins) bloquait le développement des arbres et des arbustes. Il est vrai que la date des clichés de 1955 (22 avril) n'est pas très adéquate pour opérer une bonne délimitation des surfaces forestières, le maximum d'activité chlorophyllienne des végétaux apparaissant un peu plus tard dans l'année (mois de mai).

Dans cette dépression, des bandes de forme géométrique et de largeur assez réduite par rapport à leur longueur évoquent des parcelles de cultures (cultures à gibier) dont la teinte est en rapport avec l'état plus ou moins avancé de mûrissement.

Le contact entre la dépression dunaire et les dunes sèches du cordon externe est très net (surface blanche des dunes s'accolant au fond gris de la dépression centrale) ou beaucoup plus irrégulier (bandes ou taches de teintes variées et entremêlées). Ce dernier cas montre qu'en certains endroits, le sable apparaît parmi les oyats, ou entre les îlots d'arbustes, donnant à cette végétation dunaire un aspect parfois très déchiqueté.

Les **travaux de fixation** sur les deux cordons dunaires se poursuivent entre **1955 et 1963**¹. C'est également au cours de cette période qu'évolue assez sensiblement la couverture forestière (fig. 52).

Les secteurs d'embroussaillement et de forêt commencent à acquérir un développement significatif. Les broussailles à base d'argousiers progressent légèrement vers la côte. La surface forestière, bien circonscrite sur les clichés de 1963 (datés du 1er mars), apparaît clairement sur la photographie par sa teinte très sombre et sa texture caractéristique (petits cercles rapprochés). L'extension des ligneux durant cet intervalle de temps est à mettre en parallèle avec l'épizootie de myxomatose qui s'est développée considérablement depuis les années 1953-1954 dans les dunes du Pas-de-Calais.

¹ Ces travaux sont confirmés dans l'étude réalisée par J.L.A. Pluis (PLUIS, 1995).

2.3. Analyse de la mission de 1971

On note sur les clichés de 1971 une forte régression des plages de sable nu et des zones de végétations herbacées pionnières (sable à oyat, à fétuque...) (fig. 53).

Pour le **premier cordon dunaire**, la progression des bas fourrés est assez spectaculaire: dans les secteurs topographiques les plus abrités, les fourrés s'imposent et s'avancent très près de l'estran; ils contribuent à la stabilisation définitive des dunes. Ce cordon, cerné à l'est par d'autres fourrés dunaires mieux structurés, est caractérisé par son grand morcellement végétal.

La disposition des teintes et leur différence d'intensité suggèrent au photo-interpréteur que ces fourrés ne sont homogènes ni dans leur composition floristique, ni dans leur âge et leur position topographique. Les nuances de grisés traduisent aussi une réelle diversité de la végétation de ce premier cordon qui abrite quelques petites sections de dunes grises et noires avec en particulier le faciès ras Tortula lié à l'activité des lapins.

Pour le **deuxième cordon dunaire**, l'évolution de la végétation entre 1963 et 1971 est aussi très significative: les secteurs de déflation et de sable nu régressent considérablement. Les siffles-vents encore présents deviennent très fractionnés et ne semblent plus constituer une menace pour l'arrière-pays agricole. Les nombreux travaux de fixation réalisés (plantation d'oyat et d'arbustes, fascinage...) combinés au dynamisme naturel très puissant des argousiers et des sureaux ont assuré l'arrêt de la progression des sables.

Les clichés de 1971 sont également révélateurs de la présence humaine qui n'est pas négligeable puisque de nouveaux layons sont apparus et une nouvelle mare a été creusée pour les besoins de la chasse (limite sud de la Réserve). Le tourisme dans le secteur d'étude est quasi insignifiant à cette période: en dehors des layons de chasse et des voies de passage pour les chasseurs, il n'y a guère de traces sensibles de pénétration dans la dune. En 1971, les stigmates de la dernière guerre, encore visibles sur les clichés de 1963 (points blancs montrant les travaux de déminage et les cratères de bombes) ont totalement disparu.

La date de prises de vues des photographies (14 juillet) introduit une certaine confusion pour bien étudier la végétation dans la dépression interdunaire: les gris foncés dominent, il semble que certains secteurs aient été débroussaillés entre 1963 et 1971, conséquences de la volonté des propriétaires de créer des ouvertures pour faciliter les battues lors des périodes de chasse. Du point de vue de la végétation forestière, les clichés montrent que la forêt, mieux structurée, s'étend un peu plus vers l'ouest en se densifiant davantage.

2.4. Analyse de la mission de 1976

Les clichés de 1976 (24 mai), à plus grande échelle (1/14500), offrent davantage de possibilités pour affiner l'analyse (fig. 54).

Bien que les surfaces de sable nu soient en nette diminution, elles sont toujours présentes soit de manière ponctuelle (siffle-vent), soit en bandes blanchâtres aux contours irréguliers (alignement des dunes, portions de dunes paraboliques...).

Cependant, la cicatrisation végétale s'est poursuivie dans beaucoup d'autres secteurs. Les teintes grises unies de la pelouse à cryptogames ressortent assez clairement (**pastille 1**); les tonalités soutenues traduisent une couverture végétale qui se développe là où la surface offre une très grande stabilité. Les zones blanchâtres n'expriment pas un recul de la végétation mais tout simplement l'impossibilité pour cette végétation de s'installer dans un site qui reste ponctuellement actif. Les mares ressortent assez bien sur le cliché généralement sous la forme d'une surface sombre entourée par un anneau plus clair (partie asséchée une partie de l'année ou fauchée). Les différences de teintes observées tiennent à la profondeur de l'eau, une couleur plus claire est due à la présence de sable et/ou à un atterrissement en cours.

Enfin, dans la partie centrale du secteur d'étude, une surface aux contours réguliers et géométriques frappe l'oeil: la structure très particulière montrant de nombreuses stries parallèles toutes orientées dans la même direction indique l'anthropisation et une utilisation rationnelle du milieu (**pastille 2**). Cette surface est liée aux opérations de plantations effectuées par l'Office National des Forêts dès 1976: ces dernières ont nécessité un débroussaillage et un travail au préalable au sol (labour en surface). Un damier très régulier formé de bandes parallèles ou de raies très fines donne une structure caractéristique qui est encore mieux perçue sur les clichés de la mission IFN de 1983.

2.5. Analyse de la mission de 1983

La bonne qualité de la mission, la date de prises de vues (juillet et août), et l'échelle employée (1/20000) sont trois critères qui nous ont beaucoup aidés pour effectuer la cartographie du domaine d'étude (fig. 55). Les plages d'érosion très isolées restent encore très actives, de nouvelles traces de fixation témoignent que la stabilité définitive des dunes reste une gageure difficilement réalisable. Cependant, beaucoup de formes actives repérées sur la mission de 1976 ont été recolonisées par la végétation, elles ne sont donc plus fonctionnelles. Il est intéressant de noter que les zones d'étendues blanchâtres privées de toute végétation sont parfois éloignées de la mer alors que, dans le même temps, la dune bordière et son voisinage paraissent bien fixées et mises en valeur par une grande diversité de paysages végétaux.

Les clichés indiquent une **forêt bien constituée** et surtout la multiplication assez anarchique des **saules** qui ont tendance à se développer en tache dans les parties très humides de la dépression interdunaire. Juste aux limites sud de la Réserve se singularise presque un continuum de la végétation forestière entre les deux cordons dunaires. Les modes d'agencement spatial des arbres (structure verticale), les types d'essences ou les opérations en cours (boisements effectués par l'Office National des Forêts) sont souvent discernés.

La pression humaine est toujours présente. Même si les propriétaires respectent au mieux l'intégrité du milieu naturel, l'activité cynégétique les oblige à ouvrir de nouveaux layons et à créer des cultures à gibier (très forte densité des allées et des voies de passage au nord, apparition d'un nouveau parcellaire agricole au sud).

Divers cheminements entaillent la dune bordière et les zones à fourrés, ils demeurent assez étroits excepté une « voie sableuse », parcours des « motos vertes » traversant le site de part en part.

En 1983, les grandes lignes de force du paysage sont tracées et donnent à la réserve une physionomie qui se rapproche de l'actuelle.

A titre de comparaison et pour étayer notre argumentation, nous avons procédé à une numérisation de photographie aérienne à partir des clichés photographiques panchromatique et infrarouge noir et blanc.

2.6. Analyse de la photographie aérienne numérisée d'août 1983

La numérisation permet une conversion en données quantitatives susceptibles d'être traitées par ordinateur. Les deux clichés utilisés couvrent le même espace; la numérisation par scanner en niveaux de gris est retraitée par l'informatique pour donner une image en couleur. On attribue une couleur à l'aspect végétation afin d'accroître les contrastes pas toujours très nets sur les photos en noir et blanc. Le document obtenu, corrigé géométriquement, est directement superposable à un fond de carte I.G.N. (fig. 56).

Par ses teintes rouges, la photographie numérisée permet de bien délimiter les zones où la végétation est active, très chlorophyllienne. Mais pour ce cas précis, il faut avoir une attitude critique vis-à-vis de l'information collectée. En effet, les tonalités prises par certains secteurs laissent le photo-interpréteur quelque peu perplexe. Certes, les limites entre des surfaces de nature différente ressortent clairement (feuillus/résineux par exemple) mais c'est l'interprétation des couleurs dans la gamme des rouges bruns qui pose certains problèmes. Des secteurs ligneux apparaissent avec un rouge vif alors que d'autres, apparemment composés des mêmes espèces, ressortent avec une clarté différente (rouge brun voire noir). Les panes en position d'abri (**pastille A**), les sections de dune sous le vent (**B**) et toute la lisière forestière orientale (**C**) sont caractérisées par un rouge vermillon tandis que l'essentiel du boisement est souligné par un rouge plus pâle virant sur le gris ou le gris jaunâtre (**D**). Il est vrai que le phénomène d'ombre portée peut interférer en donnant une teinte plus sombre. Dans le même registre, il est difficile d'opérer une distinction entre les fourrés dunaires de la xérosère (cordon externe) bruns sombres ou marrons et les formations arbustives de la dépression centrale (gris-gris brun).

En fait, il semble, que dans ce type de milieu, deux phénomènes soient associés: l'humidité (teinte sombre) et la végétation feuillue (teinte claire). Il peut y avoir combinaison, neutralisation ou opposition de ces facteurs. Par exemple, dans la zone de nidification des mouettes la végétation l'emporte et le secteur marécageux apparaît clair (**E**). Par ailleurs, les circonstances climatiques particulières de l'année en cours sont à prendre en compte. L'été 1983 est très sec, des végétaux à feuilles caduques prennent une apparence sombre sur le

document (F); un arbre « sec » peut avoir la même réflectance en infrarouge qu'un vieux pin encore vigoureux.

Quoi qu'il en soit, les quelques remarques explicatives formulées restent dans le domaine des conjectures... Bien que la numérisation ait des attraits, elle présente également des inconvénients puisque des données quantifiables ne sont pas forcément faciles à interpréter.

2.7. Analyse de la mission de 1989

Les derniers clichés panchromatiques mis à notre disposition datent de 1989. Bien que l'écart de temps soit minime entre les deux dernières couvertures photographiques, des modifications sont de nouveau perceptibles (fig. 57).

Nous pouvons remarquer, entre autres, un étirement de la couverture forestière vers l'ouest et une progression des ligneux dans la dépression interdunaire contribuant à la fermeture du milieu. Les secteurs de sable nu se rarifient; les plus conséquents sont situés sur le cordon interne.

La date de la mission (fin août) correspond à la période annuelle de la fauche: les zones de fauche (ton gris clair), très nombreuses sur les clichés, traduisent de véritables césures contrecarrant la dynamique des groupements végétaux de l'hygrosère. Ces parties fauchées ne sont pas toujours facilement repérables dans la mesure où leurs contours géométriques peuvent se confondre avec des surfaces cultivées (cultures à gibier).

2.8. Les limites d'extension de la végétation forestière

Pour chaque année qui nous a intéressée, une carte montrant l'extension de la surface forestière a été dressée (fig. 58). C'est pendant la période 1947-1971 que la progression a été la plus remarquable. Cette marche conquérante n'est pas arrêtée dans les années qui suivent d'autant plus que l'O.N.F. se charge de boisier une partie du site à partir de 1976.

Ce type de document proposant une juxtaposition de quatre cartes se base sur une méthode de travail que l'on peut appeler zonages « polystatiques ».

En effet, il faut bien avoir à l'esprit que la comparaison des couvertures successives ne restitue pas toute l'évolution, celles-ci ne donnent que des instantanés pris au hasard; d'où l'intérêt d'avoir le maximum de clichés à des dates rapprochées afin de saisir au mieux le déroulement de cette dynamique.

Bref, la simple comparaison des clichés successifs depuis 1947 a permis de distinguer dans ce milieu dunaire tous les traits changeants et les quelques invariants qui n'ont pas été éliminés au cours des années (siffle-vent non résorbé, surface forestière ancienne...). Les progrès de la couverture végétale sont spectaculaires entre 1947 et 1989 et sont à mettre en relation avec **les travaux de fixation entrepris dès les années d'après**

guerre, l'arrivée de la myxomatose en 1953 et les opérations de boisements à partir de 1976.

L'évolution des deux cordons dunaires se fait dans le sens d'un taux de recouvrement croissant. Sur ces deux unités où les conditions écologiques sont difficiles, l'adaptation de la végétation au milieu est précise: ce sont souvent les sections de dunes déprimées bénéficiant d'une situation d'abri qui ont été très tôt occupées par les végétaux. La comparaison des différentes couvertures de photographies montre que les plantations d'oyats ont été renouvelées régulièrement au cours des années: dans les secteurs les plus actifs, les anciens propriétaires puis l'Office National des Forêts ont très tôt compris que ces plantations ne peuvent jamais être abandonnées à elles-mêmes, elles doivent être constamment surveillées, complétées et remises en état quand le besoin s'en fait sentir.

La dépression interdunaire est marquée, surtout à partir de 1955, par la conquête de la végétation ligneuse: développement des hauts fourrés dunaires combiné au puissant dynamisme naturel des saules et des bouleaux. La diminution de la pression faunistique consécutive au déclin des populations de lapin a libéré en quelque sorte la tendance dynamique naturelle de la végétation.

La répétitivité des clichés et surtout le fait qu'ils soient très rapprochés dans le temps ont permis de montrer que très peu d'années suffisent aux bouleaux ou aux saules pour qu'ils apparaissent dans la dépression dunaire: un intervalle de temps inférieur à dix ans est parfois suffisant pour qu'ils soient restitués convenablement sur la photographie.

Les photographies aériennes ont également montré, nonobstant les plantations réalisées, une absence totale d'exploitation du milieu (pas de coupe). Cependant, les hommes ont marqué leur empreinte dans la trame des paysages de multiples façons tout en n'autorisant qu'une mise en valeur très limitée des terres.

Enfin, il me paraît nécessaire de rappeler, encore une fois, tout l'intérêt des photographies aériennes pour une étude globale du milieu dans une perspective dynamique. Les vues aériennes ont permis de travailler à différentes échelles spatiales et chronologiques et ont constitué des supports idéals pour les représentations cartographiques: les problèmes de limites entre unités, si souvent rencontrés sur le terrain, ont été résolus assez facilement.

Il est vrai que la valeur de l'information peut différer grandement suivant les conditions et les dates de prises de vues, mais ce type de document a donné une vision claire de tous les phénomènes modelant un paysage à un moment donné de son histoire.

A partir des années 1980, les photographies aériennes sont complétées par d'autres sources d'informations très pertinentes que sont les images produites par les satellites d'observation de la terre.

Sous forme visuelle, les données satellitales sont de nature globale et qualitative; elles permettent d'appréhender des unités de paysage et de réaliser des typologies microrégionales puis des cartographies. Mais là encore, la nature des informations et la vision par dessus imposent que soient mises en place des méthodes particulières d'analyse.

Chapitre VI. LES APPORTS DE LA TELEDETECTION SPATIALE

Les textes ou les cartes ont été utilisés pour les temps anciens, les photographies aériennes pour les cinquante dernières années, il me semble désormais logique d'exploiter les techniques modernes de la télédétection spatiale pour la période actuelle.

Mais quelle est l'utilité de la télédétection satellitale pour notre étude ?

Il convient d'abord de définir le niveau d'analyse où l'on se situe et choisir une échelle de travail adaptée à ce que l'on désire mettre en évidence.

La résolution spatiale de Landsat ou de Spot impose de situer l'approche des types de paysage à un niveau régional, cette résolution s'avérant impropre à l'analyse des trop petits secteurs (parcelles, arbres). L'imagerie satellitale présente le grand avantage de fournir sur un seul document, type format A4, l'ensemble de notre région d'étude: en termes de rapidité de la **perception d'un espace régional**, l'image est préférable à la photographie aérienne. Les satellites, affectés à la description géographique de la surface terrestre, vont donc tout naturellement nous servir à identifier et à classer des paysages correspondant à notre problématique de recherche; dune, forêt littorale, zone humide... Le but n'est pas de faire un suivi ou une classification multi-temporelle mais simplement de restituer au mieux, au moyen de **quelques cartographies**, les paysages littoraux, le cadre géographique d'étude et surtout la végétation forestière telle qu'elle apparaît de nos jours dans les dunes. Au-delà d'une simple présentation statique des boisements, les images nous donnent aussi la possibilité de dissocier correctement les feuillus des résineux.

Le caractère numérique des données satellitales autorise les réajustements et les variations d'échelles: en manipulant un même ensemble de données, nous verrons que plusieurs images peuvent être obtenues sur un même site. Le problème est de donner un sens et d'interpréter tous ces documents.

En effet, le paysage, tel qu'il apparaît sur une image, est « *représenté à travers un code qu'il s'agit de savoir déchiffrer [...] pour pouvoir ensuite s'en abstraire* » (REGRAIN, 1996, p. 206).

Mais avant de passer aux méthodes d'analyse et d'interprétation, il paraît nécessaire de rappeler quelle est la nature des documents mis à notre disposition.

A. NATURE ET INTERPRETATION DE L'INFORMATION SATELLITALE

1. Des données numériques aux documents analogiques

Les méthodes de la télédétection spatiale, les techniques d'acquisition et de traitement des données ont été développées par de nombreux chercheurs (BARIOU, 1978,

1992; BONN *et al.*, 1993; BRACHET, 1990; CERVELLE, 1989; CHESNAIS, 1984; COUDOUX *et al.*, 1992; DENEGRÉ, 1995; GIRARD *et al.*, 1975, 1989; LACAZE *et al.*, 1990; LAUMONDAIS *et al.*, 1982; LAURINI *et al.*, 1993; LETOCART *et al.*, 1980; SCANVIC, 1983; VERGER, 1992). Ces méthodes ont évolué; aujourd'hui, on tend de plus en plus à coupler les images de télédétection avec d'autres sources de données et donc à les insérer dans un système d'information géographique (ROBIN, 1995). Ce ne sera pas le cas ici.

Les satellites comportent des *capteurs* sensibles à des bandes spectrales étroites (ou *canaux*) du spectre électromagnétique. Les capteurs enregistrent, pour chaque canal particulier, les quantités d'énergies ¹ renvoyées par une unité au sol de taille constante (tache). A cette unité correspond le *pixel* ² ou plus petite surface homogène constitutive d'une image.

La signature spectrale d'un objet au sol représente la combinaison des valeurs radiométriques qui le caractérisent dans les différentes bandes spectrales. Dans la partie visible et infrarouge du spectre, cette signature correspond à la *réflectance* qui est le rapport entre l'énergie reçue par la surface au sol et l'énergie réfléchi par cette surface.

Pour la végétation, la réflectance est faible dans la partie bleue du spectre, elle augmente dans la partie verte, redescend dans la partie rouge pour devenir intense dans le proche infrarouge.

Le procédé de la restitution photographique permet de composer des documents analogiques à partir des données numériques.

A la valeur de la réflectance obtenue dans chaque canal correspond une couleur dominante. Pour chaque pixel, le mélange des couleurs en proportion de la valeur de chaque canal donne une teinte précise.

La restitution obtenue, simple lecture des données multispectrales, aboutit à une *composition colorée* ou image en fausses couleurs permettant ensuite une photo-interprétation. En effet, l'analyse visuelle d'une image repose pour une grande part sur des principes proches de ceux de la photo-interprétation. Le but est de reconnaître des éléments visuels suffisamment marquants qui puissent permettre ensuite le zonage.

2. Lecture et interprétation des données images

Dans notre cadre régional, quelques chercheurs ont travaillé sur les techniques d'interprétation des images (COUDOUX, 1984, 1986; COUDOUX *et al.*, 1992; MEQUIGNON, 1994, 1995; REGRAIN, 1988).

Les documents présentés sont des extraits des scènes Spot ou Landsat.

¹ A ces quantités d'énergies émises ou réfléchies par unité de surface et à une longueur d'onde donnée selon une direction donnée correspond la luminance (unité de mesure: watt/m²/stéradian/micromètre).

² La taille du pixel est fonction de la résolution spatiale du satellite. Le pixel représente une surface au sol de 400 m² pour Spot et de 900 m² pour Landsat TM (sauf pour le canal 6).

L'examen visuel d'une image en compositions colorées a pour objet d'identifier puis de mettre en évidence les différents « objets » de l'espace géographique qui la composent. Toute la difficulté de l'analyse est de pouvoir trouver des discontinuités et des limites dans des ensembles qui proviennent de données spatialement continues.

Dans la lecture d'une image, la **couleur**, qui est la variable visuelle la mieux perçue par l'œil humain, intervient en premier lieu.

La signification du rendu coloré est rendue délicate car les couleurs obtenues sur les compositions colorées sont bien souvent différentes des couleurs naturelles. Cependant, les teintes sont chargées de sens, et si l'observateur dispose d'une culture géographique et possède déjà une certaine expérience de terrain de la région d'étude, il peut effectuer quasi automatiquement une identification et reconnaître tel ou tel objet ou paysage.

Sur les images, les secteurs vont aussi se différencier par leur **structuration** ou leur **organisation interne**.

Il convient de porter une attention toute particulière à l'agencement spatial des pixels. Des pixels accolés n'ont pas forcément le même contenu radiométrique, ils peuvent s'individualiser ou au contraire se regrouper. Les pixels font ressortir la structure des paysages; l'étude des formes et de leurs contours, des cernes ou des linéaments est souvent très instructive sur une image.

Tout comme en télédétection aérienne, les critères de texture et de structure sont à considérer. La *texture* exprime le mode d'organisation des pixels. L'élément textural est un groupe de pixels connexes dessinant un motif (ou une forme), dotés des mêmes propriétés radiométriques. La *structure* représente l'association des éléments texturaux et leur organisation les uns par rapport aux autres (relations spatiales) ¹.

En télédétection spatiale, les difficultés d'interprétation sont liées au contenu informationnel du pixel. En effet, un objet n'est pas perçu directement mais représenté physiquement par pixels interposés.

Globalement, le pixel exprime les réflectances de trois types d'éléments: l'eau (humidité), la végétation et le minéral (roche nu, terres labourées, bâti urbain...).

Représentant au sol 400 ou 900 m², le pixel traduit nécessairement la réponse spectrale d'un « paysage mosaïque » composé d'un mélange de plusieurs types de surfaces et notamment celles du sol et de la végétation. De plus, pour un seul élément, des effets d'intégration de paramètres se produisent fréquemment: pour la végétation forestière, un seul pixel va intégrer les états physiologiques et morphologiques des végétaux et généralement plusieurs espèces et même plusieurs strates sauf en cas de peuplement monospécifique.

Comme le suggère R. REGRAIN (1996), lorsque l'interprétation « interne » de l'image pose quelques difficultés, il est bon de la compléter par son interprétation « externe » en faisant appel à d'autres sources de données comme les différentes cartes, la littérature scientifique ou l'observation de terrain. Il s'agit donc de contrôler ou recouper les

¹ Une structure homogène va correspondre à un groupe de pixels ayant des propriétés spectrales ou texturales similaires (BOUCHOT, 1984).

informations tirées d'une image avec les informations externes à l'image, afin de formuler les conclusions définitives pour l'interprétation d'une zone.

Enfin, dans l'analyse d'une composition colorée, il faut s'attacher à faire la part entre ce que l'on observe directement sur le document et les renseignements indirects qu'on peut en retirer; par exemple, la végétation reconnue, par sa teinte, sa forme ou sa disposition, est susceptible de nous renseigner indirectement sur la dynamique littorale.

B. L'ANALYSE VISUELLE D'UNE IMAGE EN COMPOSITIONS COLOREES: ZONAGE ET CARTOGRAPHIES THEMATIQUES

1. L'image Landsat TM du 05/10/89: structure du paysage et cartographies régionales

1.1. Une image révélatrice de contrastes paysagers

Cette composition colorée a été établie à partir du satellite Landsat 5. Le radiomètre *Thematic mapper* (TM) à balayage par miroir oscillant possède sept bandes spectrales du bleu à l'infrarouge thermique¹.

La forte réflectance de la végétation dans le proche infrarouge est liée à la structure interne du feuillage tandis que l'infrarouge thermique est sensible à la teneur en eau des tissus végétaux (secondairement à l'humidité du sol).

La composition TM 3,5,4 affiche le canal rouge en bleu, le canal infrarouge moyen en vert et le canal proche infrarouge en rouge.

Les différentes cartographies réalisées (figs. 59 à 62) s'appuient donc sur une démarche basée sur la différenciation visuelle de zones paysagères. A l'intérieur de certaines zones (voir, *infra*, « Grand parcellaire rural » ou « Bas-Champs »), des subdivisions en sous-ensembles auraient pu être opérées en affinant l'analyse, mais ce n'était pas le but recherché, les cartographies reposant avant tout sur la délimitation des grands secteurs de l'occupation du sol.

Pour ce type de démarche, le critère « **teinte** » est essentiel mais il ne doit pas forcément commander le découpage cartographique. En effet, si les classes constituent parfois des secteurs colorés homogènes, elles s'apparentent le plus souvent à des mosaïques caractérisées par des associations de couleurs (une ou plusieurs dominantes) et par la disposition des pixels (**texture, structure**).

¹ sept bandes spectrales dont trois dans le visible (bleu: 0,45 μm à 0,52 μm ; vert: 0,52 μm à 0,60 μm ; rouge: 0,63 μm à 0,69 μm), deux dans l'infrarouge moyen (canal 5: 1,55 μm à 1,75 μm ; canal 7: 2,08 μm à 2,35 μm), une dans le proche infrarouge (canal 4: 0,76 μm à 0,90 μm) et une dans l'infrarouge thermique (canal 6: 10,4 μm à 12,5 μm)

1.1.1. Le « pouvoir discriminant » des couleurs

La gamme des *rouges-orangés* révèle des types de végétation variés avec différents degrés d'activité chlorophyllienne.

De nombreuses nuances dans les tonalités rouges existent et sont à mettre en rapport avec des décalages possibles entre les saisons végétatives. Le rouge foncé indique une végétation feuillue dominante; les plantations de résineux sont soulignées par des tonalités plus froides (rouge/brun, marron). Un rouge plus clair souligne la végétation des herbues (mollières) parfois transformée en « reaclôtures » (baie de Somme). Les prairies permanentes (plantes fourragères) et certaines céréales vertes sont soulignées par des teintes plus éclatantes (rouge vif). Cependant, la couleur orangée est possible car en automne l'herbe est restée verte mais la chlorophylle est peu active.

Le *jaune* met en évidence des infrastructures ou des aménagements particuliers: golf, aérodrome. Cette teinte caractérise également la végétation des marécages ou des zones humides en période de saturation (autour de Rang-du-Fliers par exemple à l'est de Berck) ainsi que des herbages permanents ou certaines parcelles de culture (semis d'automne). Les vallées entaillant le Haut-Boulonnais ou le plateau picard sont bien individualisées, les dégradés de jaune et de marron évoquent les herbages et la végétation en demi sommeil végétatif.

Le *bleu-gris* signale le tissu urbain et les constructions urbaines. Les parcelles géométriques aux tonalités grises évoquent les terres labourées, les surfaces nues non emblavées et les champs cultivés laissés à l'état de repos (jachère). Les végétaux qui ont perdu leurs feuilles, certaines cultures qui couvrent peu le sol, la végétation des fonds de vallées, peuvent aussi ressortir en gris. Les teintes grises foncées du Haut-Boulonnais sont attribuées à un effet « d'ombre portée » dû aux dénivellations importantes.

Les couleurs extrêmes (*noir/blanc*) ne posent guère de problème d'interprétation: le blanc traduit une forte réflectance et dénote la présence de dunes pas ou peu végétalisées, un substrat crayeux ou des carrières à ciel ouvert (carrières et cimenteries près de Dannes); le noir évoque la mer, les étangs, les nombreuses mares aménagées pour la chasse au gibier d'eau et le chevelu du drainage et des chenaux d'écoulement dans les estuaires. En ce qui concerne les sables, on peut considérer qu'ils sont d'autant plus réfléchants qu'ils sont secs, clairs et peu recouverts par la végétation.

L'examen des couleurs est donc riche d'informations. La variété des teintes correspond souvent à des terroirs différents, à des espaces agricoles diversement utilisés. Une grande partie du travail de géographe consiste à interpréter judicieusement ces teintes. L'analyse n'est pas toujours facilitée car il arrive fréquemment qu'**une même couleur** traduise des composantes paysagères variées (le gris indique par exemple des cultures ou des surfaces urbanisées). Inversement, **une même entité paysagère** (forêt, culture...) peut donner, en fonction de ses caractéristiques propres, des teintes différentes.

Chaque couleur et le degré de saturation qu'elle renferme doivent donc être interprétés avec précaution. Aussi, il paraît souhaitable de compléter l'étude des couleurs par celle des formes.

1.1.2. La pluralité des formes rencontrées

Les nombreux linéaments rencontrés sur l'image (canaux, fossés de drainage, routes...) correspondent à toute une série de travaux et d'aménagements humains depuis plusieurs siècles, spécialement en bordure des estuaires et dans la plaine maritime.

Les Bas-Champs ont connu différentes étapes de mise en valeur, ils forment aujourd'hui un paysage « artificiel » comparable aux polders maritimes, quadrillé par de nombreuses digues et des canaux de drainage (visibles sur l'image).

Les formes dessinées par les estuaires nous donnent quelques précisions sur les dynamiques marines et hydrosédimentaires. Au nord des trois estuaires « picards », le même schéma se reproduit; la concavité du tracé de la ligne de côte suggère l'érosion et s'oppose au poulier à la convexité marquée.

Dans les baies, la végétation des prés salés et ses contours, facilement reconnus sur les images, constituent un bio-indicateur précieux pour comprendre la **dynamique sédimentaire**. En baie d'Authie, la répartition de la végétation est en rapport avec les variations locales du bilan sédimentaire. Sur la rive droite, musoir et contre-poulie s'individualisent; les végétaux du schorre peuvent venir directement en contact avec la dune embroussaillée (fig. 61). Dans le détail, secteurs d'engraissement et de démaigrissement alternent sur de très courtes distances. Sur la rive gauche, une large bande rougeâtre criblée d'auréoles noires caractérise une zone plus stable moins sujette aux variations brutales du bilan sédimentaire et colonisée par la végétation halophile.

Les formes très irrégulières des dunes sont aisément appréciées, les deux cordons dunaires s'étendant entre les estuaires de la Canche et de l'Authie sont reconnaissables. Près de Fort-Mayon, les cordons dunaires se rejoignent par une courbe concave vers le nord à proximité du rivage.

L'étude des formes conduit à opposer deux grands types de **morphologie forestière**. En effet, les forêts et les boisements sublittoraux (bois de Saint-Josse, forêt de Crécy...) ne présentent pas les mêmes configurations et les mêmes contours (lisières « franches », limites régulières, tracé géométrique du parcellaire...) que les forêts littorales inféodées à la frange dunaire (plus grande irrégularité, lisières « floues »...).

La localisation et la disposition des rubans forestiers singularisent dans certains cas la nature des terrains (formations) rencontrés. La forêt d'Hardelot en fournit un bel exemple en montrant que la frange résineuse (teinte brune) se localise strictement sur les dunes tandis que les feuillus se répartissent majoritairement en arrière (sur des faciès marneux, argileux) (fig. 59).

Du point de vue du parcellaire rural, la forme et la taille des parcelles donnent des indications sur les systèmes de culture pratiqués: grande culture (céréales) dans le Haut-Boulonnais et le Pays de Montreuil et cultures spécialisées et maraîchères dans le Marquenterre.

1.2. Intérêts et limites des documents

L'intérêt de tels documents réside dans la possibilité d'avoir une vision globale de notre domaine d'investigation.

Les images rendent compte de l'existence des dunes, de leur extension et de leurs couvertures végétales. Toute la frange dunaire est perceptible ainsi que l'arrière-pays littoral. Les principales unités paysagères sont reconnues; il est bon de noter que les teintes différencient surtout des **milieux physiques**: dune, estuaire, Bas-Champs, plateaux picards... D'une manière générale, nous pouvons constater que les milieux où dominant l'eau (mer, mare cynégétique, zone intertidale...) ou les espaces minéraux (dune, bâti urbain...) sont assez faciles à localiser et à identifier; par contre les milieux végétaux sont plus difficiles à analyser dans le détail, des confusions sont possibles en raison de la plus grande variété des réponses spectrales et donc des teintes.

Les types d'occupation et d'utilisation du sol sont facilement définis: la forêt (feuillus/résineux) se détache du parcellaire rural (herbage, culture), de l'urbain (bâti dense et lâche) et des surfaces couvertes en eau (marais arrière-littoraux, mare, zone marécageuse inondable...). Les dépôts marins (cordon littoral, dépôts de colmatage...) se distinguent très nettement des plateaux crayeux avec leur recouvrement limoneux.

Les forêts littorales se particularisent les unes des autres par des nuances de teintes qui sont le reflet des espèces dominantes (feuillus ou résineux dominants ou mixité feuillus/résineux). Les données Landsat permettent une approche relativement aisée des zones boisées sous réserve de contrastes importants entre les secteurs feuillus et résineux d'une part et d'autre part avec les valeurs de réflectances des zones cultivées. Les forêts arrière-littorales aux tailles variées détachent leurs contours avec une grande netteté. La saison d'enregistrement met en valeur l'ossature du relief (Haut-Boulonnais), les grands axes de communication et les secteurs dunaires.

Les limites entre certaines unités, traduites sur l'image par des linéaments foncés, sont facilement discernables. La dissection géomorphologique du Boulonnais apparaît; l'escarpement d'une centaine de mètres séparant le Haut-Boulonnais du Bas-Boulonnais ressort clairement. Les petites « régions naturelles » que sont les Bas-Champs picards ou le Marquenterre s'individualisent. Ces limites naturelles sont parfois renforcées par le passage des voies de communication qui dessinent sur l'image des traces rectilignes et rigides.

Nous voyons donc ici tout l'intérêt des l'image-satellite qui est, bien plus que la carte topographique, révélatrice de contrastes paysagers marqués.

En effet, les calques d'interprétation que nous avons réalisés fournissent des cartes de contrastes permettant de saisir des ensembles et leurs diverses partitions. Les forts contrastes

sont perçus tandis que les petits ne le sont pas car le document Landsat donne une faible quantité d'information comparativement à une photographie aérienne classique.

Cependant, l'analyse de ces images a également ses **limites**.

Les documents gardent essentiellement une valeur régionale: leur taille représente un handicap pour détailler et interpréter les descriptions de chaque entité paysagère.

L'analyse des couvertures végétales est très sommaire. L'opposition forêt / non forêt ressort clairement; par contre, l'analyse intraforestière est délicate voire irréalisable quel que soit l'agrandissement utilisé. Une simple cartographie des surfaces boisées opérant la distinction entre les résineux et les feuillus a été réalisée. L'âge des peuplements, la densité de la végétation, la nature des espèces et les traitements forestiers ne peuvent pas être appréhendés. La végétation hygrophile des pannes ne se distingue pas toujours clairement des fourrés dunaires.

L'échelle des documents et la période automnale ne permettent donc pas d'entrer dans les détails.

Pour obtenir un meilleur classement des types de végétation, il serait en fait nécessaire d'exploiter le caractère numérique de Spot en utilisant l'**indice de végétation normalisé** défini dans le cas de Spot HRV par $IVN = \frac{XS3 - XS2}{XS3 + XS2}$

Cet indice permet, entre autres, de mieux apprécier l'évolution saisonnière de la végétation; des décalages observés dans son augmentation, de l'hiver à la fin du printemps, sont un moyen efficace de classer des types de végétation.

L. Méquignon a élaboré, dans le cadre d'un mémoire de D.E.A. (1995), une carte de la végétation dans les dunes du secteur de Merlimont en effectuant au préalable une classification automatique en 13 classes établie à partir des données Spot du 22/01/92, 17/03/90 et 14/05/92. En forêt, les résineux ont été dissociés des feuillus. Dans la forêt feuillue, les deux classes choisies ont dénoté des différences de densité de feuillage. En l'absence de radiométrie de terrain, cette approche comporte aussi ses limites puisque les classes délimitées s'écartent parfois de la réalité du terrain et restent le plus souvent l'expression d'un paysage mosaïque comprenant plusieurs formations végétales.

2. Imagerie satellitale et discrimination des résineux

2.1 Méthodologie employée: reconnaissance préliminaire et contrôle au sol

Globalement, l'image Landsat de 1989 donne une localisation précise des masses forestières à dominance de conifères, les autres faciès de végétation sont moins bien discernables.

En effet, sur cette composition colorée d'octobre, les résineux sont bruns sombres alors que les feuillus sont dans la gamme des teintes rouges. Le seul critère de teinte ne donne que des différences relatives, une confusion possible existe avec des éléments

géographiques de réflectance voisine comme les mares ou les étangs. Cependant, une cartographie des résineux est possible car la réponse spectrale de ces essences offre, contrairement aux feuillus, un contraste suffisant avec les zones directement voisines.

Aussi, nous nous sommes basés sur l'identification de surfaces boisées homogènes pour lesquelles nous avons effectué des vérifications ponctuelles de terrain. Une fois la délimitation de ces surfaces réalisée, nous pouvons les restituer pour la cartographie sur le document support de base à plus petite échelle.

La reconnaissance préliminaire des résineux est établie à partir des images Landsat agrandies. Il est bon de rappeler que l'agrandissement d'un document Landsat n'augmente pas la quantité d'information qu'il contient mais facilite simplement la lecture et la vision de certains détails.

Le contrôle au sol permet d'affirmer ou d'infirmer la présence ou l'absence de boisements de conifères. Dès que ce contrôle est réalisé, il est tout à fait possible de faire des déductions sur une surface non vérifiée en se basant sur ses caractéristiques spatiales et spectrales et donc de passer à une extrapolation sans trop de risque. Bien sûr se pose le problème de la représentativité du secteur test de référence:

- Est-il suffisamment homogène ?
- Est-il comparable aux autres secteurs non vérifiés sur le terrain ?

Il est vrai que la traduction du paysage en image comporte nécessairement une **généralisation** et une perte d'information, ce qui doit nous inciter à la prudence. Cependant, en appliquant le plus souvent la dialectique terrain-traitement et en recourant, quand le besoin s'en fait sentir, à des documents cartographiques complémentaires (carte topographique au 1/25000^e, carte géologique...), il est assez facile d'éliminer les erreurs et de lever les ambiguïtés et donc d'extrapoler la signature spectrale reconnue à d'autres parties de l'image et même à une autre image si la saison d'enregistrement est la même.

2.2 La généralisation des résultats: cartographie des surfaces résineuses

La carte obtenue (fig. 63) montre que les résineux (essentiellement les pins) se localisent principalement dans le massif dunaire d'Ecault-Hardelot, autour du mont St-Frieux, dans la forêt du Touquet et enfin dans le domaine du Marquenterre.

Sur le littoral, les résineux se localisent presque exclusivement sur la **frange dunaire**. Contrairement aux feuillus, ils sont très peu représentés dans les autres unités paysagères que sont les Bas-Champs ou les plateaux picards et du Haut-Boulonnais.

Très présents au nord de Stella-Plage, les conifères s'étiolent entre Stella et Fort-Mahon puis réapparaissent massivement dans le domaine du Marquenterre.

Les plantations peuvent être très éparpillées (autour des estuaires) ou au contraire concentrées avec de fortes densités sur de petites sections de dunes. Les résineux occupent indifféremment les cordons externes et internes des massifs dunaires, les crêtes et les lieux secs sont favorisés, les sites déprimés et humides sont peu colonisés par ces essences (Merlimont).

Sur les rives nord des estuaires en proie à une dynamique permanente et où la sédimentation laisse place à l'érosion, nous pouvons constater une certaine intimité des boisements de conifères avec le rivage côtier: plantés à l'origine en retrait de la dune bordière, les pins se sont retrouvés en première ligne en front de mer exhaussés en plein vent. Ce fait ne se reproduit pas sur les rives opposées où la sédimentation de poulrier participe à l'engraissement et permet l'extension des dunes riveraines.

3. Les documents Spot de janvier et mai 1992

Bien que la résolution spatiale du satellite Spot soit légèrement supérieure à celle du capteur TM, les données recueillies puis visualisées sous formes d'images ne permettent pas d'obtenir de compositions réellement plus probantes que celles établies avec le satellite Landsat. Aussi, nous serons assez brefs dans la présentation de ces documents.

3.1. L'image du 22 janvier 1992

Cette composition colorée est obtenue à partir des données acquises dans les longueurs d'onde du vert, du rouge et de l'infrarouge (combinaisons des trois bandes spectrales de Spot).

Le bleu représente l'enregistrement dans le canal XS1 (vert: 0,50-0,59 μm), le vert l'enregistrement dans le canal XS2 (rouge: 0,61-0,68 μm) et le rouge l'enregistrement dans le canal XS3 (proche infrarouge: 0,79-0,89 μm).

En janvier, les réponses spectrales des paysages au sol sont plus difficiles à interpréter. L'éventail des teintes n'est pas très large.

L'image obtenue (fig. 64) ne permet pas de faire une bonne distinction entre les feuillus et les résineux. Les végétaux, qu'ils soient sempervirents ou feuillus, ressortent dans la même gamme des tons bruns sombres. Les feuillus sont parfois sur l'image paradoxalement plus foncés que les résineux. Pour ces boisements feuillus, en repos végétatif à cette époque, c'est la réflectance du sol et de son état d'humidité qui interviennent au premier plan: ce n'est donc pas étonnant que la bétulaie de Merlimont soit traduite par des tonalités très sombres. Restituées en noir ou en marron foncé, les surfaces résineuses se confondent avec les mares d'eau permanentes et les zones humides (cf marais de Balançon). Finalement, un **nivellement des teintes** se produit pour la végétation forestière. Les surfaces dont la strate herbacée est très recouvrante comme les prairies permanentes ou les terrains engazonnés (golf) ont des teintes rouges vives.

3.2. L'image du 14 mai 1992

Cette image de printemps montre bien tout ce qui est végétation chlorophyllienne et donne des indications sur l'humidité des sols et la présence d'eau libre (fig. 65). Le contraste est net entre les secteurs recouverts de végétation vivante et les secteurs dénués de toute couverture végétale; cependant peu de nuances sont visibles à l'intérieur des unités de végétation.

La végétation active chlorophyllienne est traduite par la gamme des rouges. Un dégradé s'opère allant du rouge vif pour les cultures jusqu'au marron foncé pour les surfaces boisées résineuses ¹. Les **végétaux cultivés** se distinguent nettement de la **végétation naturelle**. A cette période de l'année, les céréales sont à des stades de maturation plus ou moins avancés.

L'eau, avec une réflectance importante dans le canal XS1 et des réflectances moindres dans les deux autres canaux, est caractérisée par des teintes allant du bleu clair au noir. Les espaces minéraux (dunes vives, sols nus, bâti urbain), dotés de valeurs radiométriques élevées dans les trois canaux, vont apparaître en blanc ou en gris bleuté.

Les images Spot en compositions colorées n'apportent donc guère d'informations supplémentaires. Là encore, les couleurs interviennent en premier pour les discriminations: à chaque teinte correspond souvent un « effet paysager » précis.

Bien sûr l'analyse d'une seule image ne suffit pas pour étudier un site ou une région. Nous ne disposons pas de données multidates pour le satellite Landsat. Pour pallier cet inconvénient, nous avons choisi de travailler sur les réglages, les variations d'échelles et donc sur la perception spatiale des objets.

C. LE TRAVAIL SUR LA PERCEPTION SPATIALE DES OBJETS

1. Ajustement de couleur et réglage des contrastes

Lorsqu'une image est extraite d'une scène Spot ou Landsat, elle ne présente pas forcément toutes les qualités visuelles requises pour en faire une bonne interprétation.

La médiocre qualité d'un document peut être corrigée grâce aux logiciels de traitement d'images ² par l'amélioration des contrastes ou l'ajustement des couleurs (fig. 66). Ainsi, en manipulant un même ensemble de données, nous pouvons obtenir la

¹

- Rouge vif: unités de végétation à activité photosynthétique maximale.
- Rouge clair: parcelles de feuillus à forte activité chlorophyllienne (milieux secs).
- Rouge brun: feuillus et végétation herbacée (milieux humides; dans les dunes, situation de dépression interdunaire).
- Brun sombre: résineux.

² Les logiciels Adobe Photoshop et Canvas 3.5. ont été utilisés pour la lecture et le traitement des images.

visualisation d'une multitude d'images. Certains traits peuvent s'estomper ou apparaître d'un réglage à l'autre ¹.

Par exemple, au sein d'une région dominée par une seule tonalité, le réglage des contrastes ou de la saturation facilite la lecture de certains détails, exprime des variations mineures du contenu radiométrique des pixels et met ainsi en évidence des limites ou des oppositions de paysages qui n'apparaissent pas au départ.

Par ailleurs, sur un site d'intérêt particulier et de dimensions réduites pour lequel nous avons des informations terrain, il est possible de sélectionner une partie d'image et d'en faire ensuite plusieurs agrandissements.

2. Le facteur d'échelle graphique: « zoomage » et agrandissements successifs

Pour passer de l'identification d'un secteur à l'analyse de ses caractéristiques internes ou pour travailler un détail en gros plan, des agrandissements sont souhaitables. Chaque logiciel propose des outils de modifications qui permettent de redimensionner à volonté les images.

Avec les agrandissements successifs apparaît une nouvelle conception ou partition de l'espace. En effet, l'agrégation géographique se marque par l'agencement des pixels, l'espace devient un damier ² et les objets prennent une configuration géométrique.

Mais, plus l'échelle est grande, plus l'analyse est complexe voire aléatoire car elle tend de plus en plus à se confondre avec la géométrie des pixels ³ (fig. 67).

Dans l'exemple du **Marquenterre**, une fraction d'image agrandie (300 %) individualise les pixels (fig. 68).

Dans un groupe de pixels connexes ayant des propriétés spectrales similaires, des hiatus sont possibles: des pixels « étrangers » apportent un violent contraste de teinte et sont la marque d'une brutale discontinuité de l'espace.

C'est le cas dans l'exemple présenté où un pixel isolé, « marginalisé », se détache et introduit de ce fait un brusque changement des réponses radiométriques. C'est grâce à ce changement qu'une rupture paysagère a été identifiée et qu'une petite portion de dune vive (quelques centaines de m²) a été détectée à l'intérieur de la forêt résineuse. Pour ce cas précis, nous sommes situés en forêt ⁴, un pixel d'une tonalité totalement différente par rapport à son voisin est en rapport avec une discontinuité paysagère brutale (section de dune vive) tandis que deux pixels accolés affectés d'une tonalité voisine reflètent des différences légères dans la composition des essences ou des petites variations du toit de la canopée.

¹ Le choix du support papier et de l'imprimante peut aussi jouer sur la qualité visuelle du document.

² Les pixels correspondent sur l'image agrandie à des polygones de taille constante.

³ Si l'agrandissement est suffisant, il est tout à fait possible de connaître le nombre de pixels.

⁴ Dans le cadre délimité, la teinte marron correspond à la forêt à dominante résineuse.

En augmentant la perception visuelle de certains détails, les agrandissements augmentent donc la capacité de discrimination en décelant des objets qui, au premier abord, n'étaient pas perçus.

Même en multipliant les agrandissements, l'approche de certaines spécificités échappe au maillage contraignant de l'information satellitale.

Pour affiner l'analyse, il est possible de changer de résolution spatiale sur le même site: réduire progressivement la taille du pixel pour déceler certains détails.

Dans l'exemple présenté (fig. 69), le cadre sélectionné est agrandi afin que les pixels soient concrètement visibles sur l'image ¹. Avec les agrandissements Spot (surtout janvier), les **limites** entre les objets ressortent en général plus clairement ainsi que leur enveloppe spatiale et la transition avec leur environnement. La résolution spatiale du satellite permet de visualiser correctement les **formes** des dunes avec leur particularité de teinte. Les pixels connexes dotés des mêmes propriétés radiométriques dessinent des motifs qui se retrouvent facilement sur le terrain. De même, le linéaire côtier (trait de côte) apparaît nettement sur Spot alors qu'il est très difficile à deviner sur Landsat.

En janvier, l'eau (inondation du site à cette période de l'année) et la végétation feuillue se combinent pour donner des pixels aux tonalités très sombres (cf pastille A, fig. 69 A). A cette époque, les feuillus se distinguent difficilement des résineux alors que ces derniers (dune communale) sont facilement reconnus sur l'agrandissement de mai. Par contre, dans la réserve biologique, la végétation ligneuse et l'arbre (pixels sombres) semblent bien se dissocier de la végétation des prairies et des bas-marais de la dépression centrale.

Sur l'image Spot du 14/05/92, il y a risque de confusion d'interprétation radiométrique, c'est-à-dire que des couleurs identiques peuvent caractériser la dune vive ou les surfaces urbanisées. Cette confusion disparaît sur l'agrandissement de janvier (pastille C, fig. 69 A).

Avec un pixel de 30 m, l'information se dégrade, l'effet de marche d'escalier s'accroît et nuit à la reconnaissance des objets. La disposition des pixels renseigne plus difficilement sur la forme réelle des objets. Avec l'agrandissement du pixel, l'objet peut se confondre avec son environnement. Certains objets sont trop petits (cf mares de chasse) en regard du pixel pour qu'ils soient convenablement discriminés (ou même simplement détectés) sur l'image. Par contre, les surfaces plus larges comme les parcelles boisées se remarquent encore bien (pastille A, fig. 69 C). Une marqueterie de pixels se dispose sans que l'on soit capable de savoir à quoi ils correspondent: la texture propre aux dunes vives s'efface, les prairies fauchées (pastille B, fig. 69 A) se lisent difficilement. Sans connaissance précise du terrain, l'interprétation devient très délicate.

Pour cet exemple particulier et avec la thématique étudiée, Spot est donc préférable à Landsat. Mais, pour une échelle de restitution un peu moins grande, nous avons pu noter que les deux satellites pouvaient fournir des documents aux qualités sensiblement équivalentes.

Tout comme la photographie aérienne, l'image-satellite ne reste donc qu'une source d'information et n'est surtout pas une fin en soi.

¹ Une approche statistique est possible et peut consister à retrouver la taille des objets en comptant le nombre des pixels.

Les seuils de perception et de discrimination sont différents d'un document à l'autre. Nous nous sommes aperçus de la fiabilité des **photographies aériennes** pour étudier la dynamique pluriannuelle des massifs dunaires et aussi pour saisir la végétation dans son ensemble et dans toutes ses nuances morphologiques ou structurales. Quant aux **images satellitales**, elles nous ont surtout donné une perception claire et rapide des dunes, des forêts, de leurs limites et de leur environnement immédiat. Bien que partiellement subjectifs, les différents calques d'interprétation que nous avons réalisés (figs. 59 à 63) restent expressifs: ils ont souligné les différentes composantes du géosystème littoral en mettant en valeur les aspects les plus significatifs des paysages littoraux, et montré, parmi d'autres détails, la localisation et l'extension des surfaces résineuses.

L'image-satellite est un document synthétique qui n'exclut pas l'exhaustivité spatiale. A partir d'un agrandissement Landsat, il est possible de transcrire une grande quantité d'information en veillant toutefois à ne pas dépasser certaines limites si on veut éviter au lecteur un effort inutile et conserver au document une lisibilité suffisante.

La télédétection, qu'elle soit aérienne ou spatiale, constitue un outil essentiel qui doit être utilisé dans un travail à moyenne échelle. Lors d'une étude à plus grande échelle, elle devient insuffisante; la quantité et la complexité des informations ne peuvent être appréhendées qu'au travers d'une approche fine de terrain.

QUATRIEME PARTIE

Etude de la dynamique du
couvert forestier à l'échelle
locale ou stationnelle: une
approche spatio-temporelle

Chapitre VII. PRESENTATION DES DIFFERENTS SITES D'ETUDES

A. LE CHANTIER PILOTE DES DUNES DE MERLIMONT: LE CHANTIER DE LA PLURIDISCIPLINARITE

1. L'opportunité d'un programme européen

Le programme européen LIFE 92-FR-013 est un programme triennal d'action et de recherches appliquées sur la gestion durable des milieux littoraux.

Etabli en date du 23 novembre 1992 entre l'Union Européenne et l'Office National des Forêts, il a permis la réalisation d'actions et de travaux par les praticiens de l'O.N.F. et les scientifiques associés sur six chantiers localisés sur les dunes du littoral de la Manche et de l'Atlantique.

Les conclusions des recherches menées sur chaque chantier pilote ont été exposées lors du séminaire « Biodiversité et protection dunaire » qui s'est déroulé du 16 au 19 avril 1996 à Bordeaux.

2. Les premiers acquis du programme de recherche

Les recherches engagées sur le site de Merlimont ont revêtu un caractère pluridisciplinaire. Ont été menées de front et en étroite collaboration des études portant en priorité sur la géomorphologie, l'hydrogéologie et la végétation dans l'optique d'aboutir au prochain « aménagement » et donc au futur **plan de gestion** établi par l'Office National des Forêts, gestionnaire du domaine.

L'étude **géomorphologique** s'est attachée à faire un inventaire et une classification minutieuse des formes de déflation et d'accumulation sur le complexe dunaire externe. La fine analyse du modelé éolien a permis de dresser une carte géomorphologique au 1/5000 ème de ce système dunaire.

La rapidité de l'évolution du système côtier (année/saison) et la complexité des transferts sédimentaires entre l'estran et le cordon externe ont été illustrées par la réalisation de quatre profils topographiques d'une grande précision répétée au même emplacement à six mois d'intervalle (BATTIAU, 1995; BATTIAU *et al.*, 1995).

L'étude **hydrogéologique** a montré l'existence d'une nappe d'eau libre souvent très proche de la surface topographique, en grande partie alimentée par les précipitations (LOUCHE *et al.*, 1995; PAUQUET, 1994). Dans la réalité, la situation est plus complexe

puisque deux aquifères se superposent, la nappe libre perchée des dunes et la nappe semi-captive de la craie. Ces aquifères fonctionnent de manière relativement autonome mais un phénomène de « drainance » normale est toutefois possible entre les deux nappes.

L'hydrologie de surface et les variations du niveau de l'eau dans les pannes sont grandement influencées par la distribution des précipitations. Mais d'autres facteurs peuvent intervenir dans les bilans hydrologiques notamment l'organisation du réseau de drainage superficiel (fossés de drainage) et surtout l'évapotranspiration. La ponction exercée par les végétaux ligneux est loin d'être négligeable; des boisements artificiels (pins) et l'extension spontanée des ligneux (saules cendrés, bouleaux) ont certainement contribué à l'augmenter au fil des années.

Des recherches supplémentaires seraient nécessaires pour mieux comprendre les variations du niveau de l'eau dans les pannes intradunaires (influence possible des niveaux de tourbe ?) et quantifier les échanges entre les différentes nappes.

L'étude de la **végétation dunaire** a été réalisée dans le détail par F. Duhamel du Centre de Phytosociologie de Bailleul.

S'appuyant sur ses relevés de terrain et sur l'analyse des clichés photographiques de la mission couleur de mai 1994, F. Duhamel a établi une cartographie des complexes d'habitats sur le site. Dans la plaine dunaire inondable, F. Duhamel a bien distingué la forêt *naturelle* hygrophile à bouleau pubescent, saule cendré et troène commun (cf *Ligustro-Betuletum*, voir, *infra*, chapitre VIII) et la forêt *semi-naturelle* hygrophile à mésophile à bouleaux, trembles et peupliers divers plantés.

Cette cartographie a également montré la grande diversité des milieux végétaux et surtout la forte richesse floristique de la plaine centrale constituée d'un assemblage de fourrés, prairies, bas-marais, mégaphorbiaies ou forêt littorale. C'est précisément dans cette dépression interdunaire qu'ont été localisées des zones présentant un réel intérêt patrimonial.

3. L'étude dynamique de la végétation forestière

La bétulaie littorale se rencontre dans la partie interne de la dépression centrale (cf travail de photo-interprétation).

Il s'agit d'une forêt littorale **subnaturelle** peu influencée par l'homme dans la mesure où la gestion « douce » qui est pratiquée et qui répond aux simples préoccupations des chasseurs n'est pas orientée vers l'exploitation des arbres à des fins de rentabilité économique (pas de coupes, arbres morts non dégagés se décomposant in situ). Bien que des essences aient été introduites dans le passé (*supra*, chapitre IV B. / 2. et figs. 70 et 71), l'O.N.F. s'est engagé à ne plus boiser le site: la végétation forestière montre donc un certain nombre de caractères de naturalité comme la présence des essences de la végétation potentielle. La structure de la forêt en bas taillis taillé par les vents de mer puis en futaie plus ou moins inéquienne est un autre indice de non artificialisation du site.

Sur le terrain, nous avons, en collaboration avec les autres chercheurs, privilégié l'analyse des variations spatiales de la structure et de la composition floristique des

groupements végétaux présents à un instant donné dans un espace plus ou moins homogène (analyse synchronique).

Ce site forestier constitue l'essentiel de notre travail de terrain car il forme à juste titre un véritable **laboratoire grandeur nature** pour l'étude de la dynamique de la végétation.

La dynamique **linéaire** de la végétation sera évoquée puis confrontée à d'autres types de dynamiques spatiales s'exprimant à différentes échelles.

S'inscrivant aussi dans ce programme de recherche, la forêt, déjà évoquée à plusieurs reprises lors de l'analyse diachronique, doit faire l'objet d'un **état des lieux** afin de préparer le futur aménagement. L'étude de la végétation forestière aura pour objectif de connaître la forêt, de comprendre son fonctionnement et de mieux saisir ses dynamiques qu'elles soient externes ou internes. Il s'agira aussi de montrer son originalité et son caractère d'unicité à l'échelle de l'Europe du Nord-Ouest.

A titre de comparaison, nous évoquerons beaucoup plus brièvement d'autres sites forestiers mais les informations données seront beaucoup plus ponctuelles et ne viendront que pour étayer ou comparer certains points fondamentaux rencontrés à Merlimont.

B. LES AUTRES SITES DE TRAVAIL

Abordés plus succinctement au cours du travail de terrain, les autres sites évoqués seront pris essentiellement dans le Boulonnais (massif d'Ecault-Condette, massif du mont Saint-Frieux) et le Marquenterre (domaine privé en bordure du parc ornithologique).

Le massif d'**Ecault**, en partie domanial (partie forestière), a déjà fait l'objet d'une publication précédente (PETIT-BERGHEM, 1992)¹.

Les dunes du **mont Saint-Frieux** ont quant à elles bénéficié d'une série d'études thématiques (hydrogéologie, flore, faune, impacts anthropiques...) (SAUVAGE, 1992) réalisées par une équipe de chercheurs néerlandais dans le but d'établir le plan d'aménagement².

Le domaine du **Marquenterre** a surtout suscité des études générales, des relevés de végétation et des cartographies analytiques (BLERARD *et al.*, 1983 et 1985; BRACQUART *et al.*, 1981; FLAMENT, 1992; LETOCART *et al.*, 1980; MEUROT, 1989).

¹ Voir aussi le plan de gestion (O.N.F., 1982 b).

² VAN GENDEREN (J.), TEN HAAF (C.), BAKKER (T.), NIENHUIS (P.), 1989. Les dunes du Mt St-Frieux. Plan d'aménagement et de gestion, Espace Naturel Régional, 150 p, 54 fig.

C hapitre VIII. DES SCHEMAS DYNAMIQUES LINEAIRES INSUFFISANTS

A. LA FORCE INDUCTIVE DE LA PHYTOSOCIOLOGIE

La **phytosociologie sigmatiste** ou Braun-Blanquetiste définit les communautés végétales (syntaxons) et leur écologie (synécologie).

Le point de départ de toute étude phytosociologique est la connaissance et la reconnaissance des plantes.

La méthodologie (BOUZILLE *et al.*, 1989; GEHU, 1980 b, 1988 c; GEHU *et al.*, 1981; PELTIER, 1985) s'appuie sur deux étapes successives.

La première étape, **analytique**, cherche à identifier dans un territoire donné des individus d'associations; le travail de terrain consiste à réaliser des relevés floristiques, chaque espèce est quantifiée à l'aide d'un coefficient d'abondance-dominance afin de donner une image un peu plus précise de l'individu d'association.

La deuxième étape, **synthétique**, permet à l'aide de tableaux de comparer les relevés effectués et de définir des unités de végétation abstraite ou associations végétales.

Sur le littoral, ces associations présentent une organisation linéaire zonée et souvent même télescopée (GEHU, 1978, 1987 a et 1989).

A Merlimont, la Réserve Biologique Domaniale a déjà été l'objet dans le passé d'une étude phyto et symphytosociologique (GEHU *et al.*, 1978) ¹. J.M. Géhu et J.R. Wattez ont décrit différentes associations en insistant plus particulièrement sur l'association forestière de la série correspondant au *Ligustro-Betuletum pubescentis* (fig. 72).

Cette dernière caractérise la forêt arrière-littorale des sables humides des dépressions interdunaires, elle a été subdivisée en trois sous-associations en fonction d'un gradient d'humidité. Une sous-association *dicranetosum* mésophile localisée sur les petites buttes sableuses est assez peu représentée dans la réserve, elle est caractérisée par *Dicranum scoparium*, *Veronica officinalis* et *Teucrium scorodonia*. La seconde, *typicum*, est subhygrophile avec *Mentha aquatica* et *Mnium undulatum*. Enfin la dernière, *hydrocotyletosum*, est franchement hygrophile, elle est dominée par *Hydrocotyle vulgaris* et *Galium palustre* et fait la transition avec l'aulnaie ou la saulaie.

En Hollande, C.J.M. SLOET VAN OLDRUITENBORGH (1976) avait identifié les bouleaux comme étant *Betula cf pendula*, ce qui a été corrigé par GEHU & WATTEZ en *Betula pubescens*. Il semble bien que les deux espèces soient présentes, mais surtout des **hybrides** (cf *Betula x rhombifolia*). Ces derniers ont des caractères plus ou moins similaires entre les deux espèces quant à la pilosité, la présence de verrues, la forme des feuilles, la

¹ De nombreux chercheurs, botanistes pour la plupart, ont parcouru ce site ou ses alentours au fil des années (COURTECUISSÉ, 1984; DE FOUCAULT *et al.*, 1993; DUHAMEL, 1991 a et b; GEHU, 1980 c; OFFICE NATIONAL DES FORETS, 1982 a et 1985; WATTEZ, 1968, 1969, 1971...).

forme des écailles et la longueur des pistils. Le terme « *rhombifolia* » renvoie à la forme en parallélogramme des feuilles, mais certains hybrides ont la base du limbe presque cordée. D'une façon générale, on note une grande variété chez les hybrides. S.M. WALTERS (1968) signale que les deux espèces sont faciles à distinguer dans les forêts de Finlande peu affectées par l'homme et que, par contre, il y a de nombreuses formes intermédiaires dans les boisements secondaires de Grande-Bretagne. Nous sommes bien dans ce cas à Merlimont.

Bien souvent, la clarté de la strate arborescente permet le développement d'un certain nombre d'espèces non forestières.

Des relevés ont été effectués dans la moitié nord de la réserve (tab. 3), zone la plus anciennement boisée. Cette partie porte fortement l'empreinte humaine quant à la strate arborée¹. Y ont été plantés des pins maritimes au siècle dernier (aujourd'hui dépérissants), des peupliers, des pins laricios de 1976 à 1982.

L'**érable sycomore**, le **chêne pédonculé** et le **frêne**² figurent dans les strates arbustives et herbacées. Ceci donne une indication sur le sens de la dynamique forestière. Les espèces n'apparaissent pas ou très peu (cf *Quercus robur*) dans les relevés de GEHU & WATTEZ; par contre, *Salix cinerea* y est bien représenté. Ceci correspond plus à ce que l'on peut observer dans la partie sud, au niveau de « Bagatelle » et de l'aérodrome (PETIT-BERGHEM *et al.*, 1996 b).

Les stations inondables une grande partie de l'année, à caractère paratourbeux affirmé, sont dominées presque exclusivement par le **saule cendré** qui a tendance à former par endroit un bas taillis hygrophile en position pré-forestière. La composition floristique de ce taillis de saule cendré est moins riche que celle de la forêt littorale (tab. 4).

Constituant un **stade intermédiaire** de l'hygrosère dunaire, il n'a pas été défini phytosociologiquement, nous pensons qu'il peut jouer un rôle structural non négligeable et intervenir dans la composition du large manteau pré-forestier précédant l'arrivée de la forêt littorale. Ce manteau relève, selon les auteurs phytosociologues, du *Ligustro-Hippophaetum calamagrostietosum*, sous-association humide à *Calamagrostis epigejos*. Il est tout de même intéressant de noter la présence plus ou moins forte de *Salix cinerea* qui tend à s'affirmer dans la composition floristique de ce manteau. Outre cette espèce, d'autres essences arbustives contribuent à l'enrichissement de ce manteau arbustif externe: de jeunes bouleaux et peupliers trembles sont souvent dispersés et forment par endroit des faciès particuliers dans les phases dynamiques plus anciennes.

¹ Rappel méthodologique pour les relevés floristiques

Chaque relevé consiste en l'application des coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet:

- r: individus rares ou isolés
- +: individus peu abondants, à très faible recouvrement
- 1: individus assez abondants mais à faible recouvrement (moins de 1/20 de la surface)
- 2: individus très abondants ou recouvrant au moins 1/20 de la surface
- 3: individus en nombre quelconque recouvrant entre ¼ et ½ de la surface
- 4: individus en nombre quelconque recouvrant ½ à ¾ de la surface
- 5: individus en nombre quelconque recouvrant plus des ¾ de la surface

² E. Motte avait déjà remarqué cette évolution quand il était propriétaire d'une partie du domaine. Il cite le chêne pédonculé (MOTTE, 1983).

Dans de rares cas, l'**aulne** forme des faciès bien marqués. Une seule petite aulnaie à *Thelypteris palustris* (cf *Alnion glutinosae*) a été découverte: sur une surface de 100 m², nous avons noté en septembre 1993:

- Strate arbustive (80%): *Alnus glutinosa* 4, *Betula pendula* 2, *Salix cinerea* 2;
- Strate herbacée (60%): *Thelypteris palustris* 1, *Phragmites australis* 1, *Hydrocotyle vulgaris* 1, *Solanum dulcamara* +, *Cladium mariscus* 2, *Juncus effusus* 1, *Agrostis stolonifera* 1, *Dryopteris filix-mas* +.

Les coupes effectuées dans le *Ligustro-Betuletum* peuvent introduire artificiellement des groupements de clairières et de coupes forestières avec, entre autres, *Eupatorium cannabinum*, *Pulicaria dysenterica*, *Polygonum hydropiper*, *Cirsium oleraceum*... La rudéralisation de certaines zones arrière-dunaires est responsable de l'arrivée de groupements relevant du *Plantaginetea major*.

Le caractère marécageux de la dépression interdunaire explique l'apparition fréquente de **roselières** et de **mégaphorbiaies** inféodées à la classe des *Phragmitetea*; nous reviendrons plus loin sur les dynamiques de ces groupements végétaux.

Un certain nombre d'associations végétales de la plaine interdunaire, de haute valeur scientifique, ont été définies; citons par exemple *Caricetum trinervis*, *Ophioglossocalamagrostietum*, *Juncus-Molinietum*, *Calamagrostio juncetum subnodulosi*, *Cladietum marisci*... (GEHU *et al.*, 1978).

Les dunes afférentes à la xérosère situées sur le cordon externe sont également caractérisées par un certain nombre d'associations végétales (fig. 72).

On remarque une succession de « lignes zonées » de végétation. Le facteur linéaire est prépondérant car la localisation de ces associations est conditionnée par l'atténuation des contraintes écologiques dues à la proximité de la mer.

La dune blanche à oyat (*Euphorbio-Ammophiletum arenariae* souvent secondaire puis *Euphorbio-Festucetum arenariae*) encore mobile (photo 1) car ravivée sans cesse par l'érosion (filets visibles au premier plan) laisse place sur le revers continental du premier cordon dunaire au fourré littoral sur sable dominé physionomiquement par l'argousier. Ces argousiers d'abord fragmentaires et disjoints se densifient progressivement. Proches de la plage, ces fourrés présentent une faible diversité floristique. Plus en retrait, un enrichissement s'opère au fur et à mesure que la densité augmente. D'autres arbrisseaux ou arbustes sont représentés, en particulier le sureau noir; cependant le % de l'argousier domine nettement.

En se référant à la systématique phytosociologique, nous pouvons donc admettre que l'Ammophilaie est suivie dans la série de végétation par le *Sambuco-Hippophaetum rhamnoides*, association caractérisant l'argousier et le sureau noir mais avec également d'autres plantes révélatrices (*Solanum dulcamara*, *Cynoglossum officinalis*...). Il est possible de rencontrer la sous-association à *Calamagrostis epigejos* dans les creux dunaires témoignant d'une plus grande humidité. Les sites topographiques plus abrités et plus stables voient naître le *Ligustro-Hippophaetum*, fourré dont la richesse biocénotique est encore

plus grande (*Ligustro vulgare*, *Rhamnus cathartica*, *Salix repens ssp argentea*). Ce dernier, bien représenté dans la dépression interdunaire, annonce l'arrivée de la végétation arborescente.

Une végétation forestière pluristrate et plurispécifique peut s'inscrire rapidement dans le paysage, sa disposition assez complexe semble en rapport avec la proximité de la nappe phréatique qui induit une différenciation très fine des faciès (photo 2).

Cependant, il faut savoir que cette zonation naturelle de la végétation présentant une succession d'associations végétales est souvent **tronquée** par l'action de l'homme qui « aménage » la nature en fonction des impératifs de la chasse. Ainsi, les associations végétales rencontrées sont souvent fragmentaires, non saturées floristiquement; on parle d'associations basales ou de groupements basaux.

La phytosociologie classique est donc une analyse floristico-écologique de premier niveau, indispensable pour comprendre l'organisation des communautés végétales sur le terrain. Cependant, cette méthode demeure insuffisante si l'on veut saisir et quantifier un paysage dans sa globalité: la symphytosociologie est alors d'un précieux secours.

B. LA SYMPHYTOSOCIOLOGIE: PRINCIPES DE LA METHODE ET RESULTATS

L'analyse **symphytosociologique** (ou phytosociologie sériale) s'évertue à comprendre l'organisation spatiale et les liens dynamiques entre les différentes communautés végétales issues d'un même groupement mûr (climax)¹ ou y aboutissant (GEHU, 1988 c; GEHU *et al.*, 1988 b).

En symphytosociologie, on étudie spatialement les associations végétales liées dynamiquement dans une seule potentialité pour définir ensuite la sigmassociation ou sigmetum. Le sigmetum comprend toutes les communautés végétales situées dans la même potentialité.

La sigmassociation est étudiée à l'intérieur de la tesselé (ou tesela en espagnol), casier homogène du damier paysager, c'est-à-dire à l'intérieur d'un territoire homogène écologiquement et dynamiquement.

La description d'une catégorie paysagère s'appuie sur une liste d'associations végétales. Pour apprécier l'occupation spatiale, les sigmarelevés sont effectués en affectant chaque association végétale (ou groupement végétal) d'un coefficient quantitatif de + à 5 correspondant au même % de recouvrement que celui de Braun-Blanquet.

La forme du groupement présent, c'est-à-dire son mode d'occupation dans le paysage, peut être donnée par différents symboles placés devant le coefficient de recouvrement:

¹ Si on se trouve en présence de plusieurs potentialités, il est préférable de travailler selon l'approche géosymphytosociologique ou phytosociologie catenale en se basant sur l'homogénéité géomorphologique ou biogéographique.

- : forme spatiale
- / : forme linéaire
- ∅ : forme spatio-linéaire en frange large
- . : forme ponctuelle
- , : forme linéaire disjointe

Sur le littoral, les sigmassociations peuvent se répartir de manière **linéaire**; dans les cas extrêmes de télescopage zonal, il est tout à fait possible de rencontrer des sigmeta mono-associatifs (avant-dune, dune bordière).

A Merlimont, plusieurs synrelevés ont déjà été établis par J.M.Géhu et J.R.Wattez sur les crêtes dunaires de la xérosère ou dans les dépressions de l'hygrosère dunaire (GEHU *et al.*, 1978).

La mobilité du sable, la constance et l'ampleur des remaniements éoliens expliquent l'omniprésence de l'*Euphorbio-Ammophiletum arenariae* secondaire (tab. 5). Parfois le *Sambuco-Hippophaetum* (cf relevé de 1993) apparaît très tôt en série primaire ou secondaire, dès le revers continental de la dune bordière; il impose sa marque au paysage en lui conférant un caractère très fort, souvent impénétrable.

Dans la dépression interdunaire, la diversité phytocœnotique est très forte, plusieurs sigmassociations modèlent un paysage végétal de très grande biodiversité (tab. 5). Un synrelevé montre le fort % de recouvrement de l'*Ophioglosso-Calamagrostietum*. Nos observations sur le terrain confirment également son importance; l'extension de cette association est un indice d'assèchement (caractère mésohygrophile voire mésophile de *Calamagrostis epigejos*).

Bref, les méthodes phyto et symphytosociologiques permettent selon plusieurs échelles d'analyses d'appréhender la végétation surtout quantitativement et de manière très fine. Cependant la phytosociologie met l'accent sur les espèces originales, à haute valeur indicatrice, les caractéristiques, qui ne sont pas toujours dominantes dans le paysage. De plus, l'étude dynamique privilégie l'analyse temporelle linéaire, les potentialités végétales sont appréciées en fonction des associations végétales ou des séries de végétation. Enfin, il n'est pas toujours commode ni aisé de repérer qualitativement avec ces méthodes les grandes **discontinuités structurales** qui apparaissent dans le couvert végétal.

Les techniques acquises en symphytosociologie peuvent être appliquées dans une optique plus géographique. Ainsi, une nouvelle définition et quantification des éléments naturels et humains du damier paysager est réalisée dans la réserve biologique par un découpage de l'espace en cellules paysagères isofonctionnelles.

C. UNE EXPLOITATION DES TECHNIQUES ACQUISES EN SYMPHYTOSOCIOLOGIE: LE DECOUPAGE DE L'ESPACE EN CELLULES PAYSAGERES ISOFONCTIONNELLES

La grande richesse des groupements végétaux inféodés à des biotopes variés combinée à l'intervention anthropique désignent tout naturellement la Réserve Biologique



Domaniale de Merlimont comme un terrain d'élection pour l'utilisation des **cellules paysagères isofonctionnelles**.

1. Les principes fondamentaux de la méthode

Cette méthode des cellules paysagères isofonctionnelles prônée par J.M.Géhu (GEHU, 1988 b; GEHU *et al.*, 1988 a) consiste à définir puis à quantifier les éléments visuellement marquants et caractéristiques du paysage actuel par une méthode simplifiée inspirée de la symphytosociologie. Le principal souci de ce travail est de définir une typologie à base surtout physionomique et fonctionnelle qui ne demande pas de connaissances approfondies en floristique.

Chaque type physionomique ou **cellule** possède une fonction et une valeur indicatrice pour l'environnement et la gestion du milieu: un champ de maïs (photo 3), une « friche » dunaire (photo 4), une mare cynégétique sont autant de cellules paysagères à distinguer à l'intérieur de la réserve. Nous rappelons que la quantification s'opère selon une échelle d'occupation spatiale qui traduit le % de recouvrement (coefficients de + à 5). La forme du groupement est donnée par des symboles placés devant le coefficient de recouvrement (mêmes symboles que pour la symphytosociologie).

Nous avons introduit une légère modification personnelle à la typologie normale usitée en symphytosociologie. En effet, une cellule paysagère peut prendre différentes formes d'extension spatiale selon sa nature et en fonction de sa stratégie de colonisation du milieu. Nous avons donc divisé la forme spatiale en deux sous-types (uniquement pour les cellules isofonctionnelles liées au paysage végétal):

-  Forme spatiale disjointe ou discontinue
-  Forme spatiale « pleine » avec peu ou pas de vides à l'intérieur

La démarche adoptée est objective, elle est surtout appliquée dans une optique descriptive géographico-paysagère. Quelques éléments plus scientifiques de nature phytosociologique pourront étayer les informations. La quantification est opérée sur le terrain et complétée par une étude des photographies aériennes.

Dans le cas présent, le vaste système dunaire de Merlimont peut être scindé en **trois grandes unités paysagères**; chacune de ces unités assemble différentes cellules paysagères isofonctionnelles. Le découpage n'est pas arbitraire mais repose sur le critère géomorphologique ou fonctionnel (fig. 73).

Il est tout à fait possible de découper une cellule en de multiples objets constitutifs. Par exemple une mare de chasse comprend la mare en elle-même (surface recouverte d'eau), les hydrophytes de rive, la hutte de chasse et le gibier d'eau introduit.

La **première unité** englobe sur le cordon externe la dune bordière et les dunes sèches qui l'avoisinent: cet ensemble dunaire directement soumis aux influences maritimes est encore affecté par de fréquents mouvements de déstabilisation d'origine naturelle (remaniements éoliens, siffle-vent...) ou d'origine anthropique (influence humaine côté Merlimont-Plage, pénétration incontrôlée des motos « vertes » dans la partie nord du site et le long de la « voie sableuse » très visible sur les photographies aériennes). Cette dernière traverse toute la réserve du nord au sud en décrivant de très légères sinuosités. Bien qu'il existe certaines avancées de la xérosère à l'est de cette voie sableuse, c'est précisément cette route sableuse qui constitue la ligne de démarcation avec la deuxième unité.

En effet, la **seconde unité** beaucoup plus végétalisée et stabilisée ne répond pas du tout aux mêmes préoccupations humaines: elle est définie grosso modo par la dépression interdunaire quadrillée de layons de chasse et ponctuée de mares de différente dimension. Cet ensemble limité par les deux cordons dunaire ne correspond pas au même critère fonctionnel que la zone précédente. Il n'y a pas ici de pénétration touristique, les opérations d'aménagement et de maintenance du milieu ne sont conçues qu'en fonction des simples soucis des chasseurs; gestion cynégétique qui va souvent à l'encontre de la conservation de la préciosité du site.

La **troisième unité**, beaucoup plus réduite, est le cordon dunaire interne; il limite à l'ouest la dépression marécageuse de Balançon. Ce cordon plus élevé et étroit est resté en grande partie communal, il a été longtemps marqué par la pratique du pâturage qui s'est éteint au cours des années 1955-1965.

La typologie en cellules paysagères isofonctionnelles n'a pas été effectuée dans cette troisième unité car celle-ci, surtout communale et difficile d'accès, ne couvre pas une superficie importante dans la réserve.

2. L'exploitation des résultats

Les deux relevés présentant la combinaison des cellules paysagères permettent de différencier les deux grandes unités par leurs caractéristiques géographiques et leur degré d'artificialisation.

La première unité correspondant à la dune bordière et aux dunes sèches afférentes à la xérosère est constituée d'un certain nombre de cellules isofonctionnelles liées à un paysage dunaire caractéristique et encore très naturel (tab. 6).

Les cellules indiquent d'une part une végétation dunaire essentiellement pionnière et plus ou moins ouverte et d'autre part les formes caractéristiques du modelé dunaire dont la genèse ou l'entretien n'est pas toujours lié à des facteurs naturels (siffle-vent créé ou entretenu par le passage des motos). Trois des six cellules présentées sont qualifiées de « **semi-naturelles** » dans la mesure où l'homme a pu intervenir, à un certain moment, dans leur édification. La dernière cellule inscrite dans cette unité est franchement artificielle, c'est une voie de passage très utile pour se déplacer dans les dunes (et pas toujours à pied!), mais très insidieuse vis-à-vis de la protection qu'il serait souhaitable de renforcer dans ce

milieu. Cependant les surfaces occupées par les cellules « naturelles » sont bien représentées dans cette première unité.

La seconde unité délimitée par la dépression interdunaire comporte beaucoup plus de cellules paysagères (tab. 7 a et b). Ce nombre important s'explique par la topographie plane et les fines variations du facteur hydrique.

En effet, beaucoup de cellules isofonctionnelles sont liées évidemment à l'eau, à sa proximité, et aux battements différentiels que peut subir la nappe au cours de l'année (roselières, bas-marais, aulnaies, saulaies, fossés, mares...). Cette dépression est encore parsemée de quelques pointements dunaires colonisés par le faciès ras à *Tortula* (pelouse dunaire) ou par une végétation arbustive.

Les cellules qualifiées d'**artificielles** sont également présentes (6 au total); elles occupent assez peu de surface mais peuvent avoir des conséquences préjudiciables pour la qualité biologique du site: plantations artificielles de pins et fossés de drainage modifiant l'hydrologie des pannes, travaux de maintenance des chasseurs changeant les potentialités de la végétation.

L'analyse du milieu faite par cette méthode des cellules paysagères isofonctionnelles permet donc d'opposer ces deux grandes unités, de confirmer leur caractère d'assez forte naturalité, d'objectiver et de quantifier les simples impressions que ressent le promeneur qui parcourt de manière quelque peu attentive la réserve.

La méthode étudie le paysage et le quantifie. Mais se pose le problème de la représentation du paysage, de son agencement et de sa cartographie. Les cellules sont inventoriées, décrites (forme spatiale) et hiérarchisées mais il est difficile de s'imaginer comment elles s'enchaînent et s'organisent entre elles dans l'espace. De plus, sur le plan végétal, les cellules ne donnent pas d'indications d'ordre structural ou dendrologique. Un découpage du terrain en bandes biogécénologiques et en biotomes permet de compléter les informations.

D. LA DIVISION DES SYSTEMES DUNAIRE EN BANDES BIOGECENOTIQUES ET EN BIOTOMES

La Réserve Biologique Domaniale de Merlimont peut être découpée rationnellement en unités ou facettes s'emboîtant plus ou moins les unes avec les autres. Ce découpage qui repose sur des critères avant tout **biotiques** (le milieu vivant) permet de définir des grandes discontinuités structurales: bandes biogécénologiques et biotomes (PALIERNE *et al.*, 1990).

Ces biotomes généralement facilement repérables sur le terrain constituent des seuils écophysologiques, des marqueurs physiologiques et des paliers de progression dans la dynamique de la végétation des dunes. Dans les travaux qu'il a pu mener dans les massifs dunaires vendéens, J.M. Palierne a défini deux biotomes (arbuste et arbre). Nous avons apporté une légère modification personnelle à cette classification en introduisant le biotome de l'arbrisseau qui peut apparaître dès le revers continental du premier cordon dunaire.

Selon un transect Ouest/Est depuis la dune bordière jusqu'à la forêt arrière-littorale, nous avons défini **8 bandes biogécéniques** et **3 biotomes** (figs. 74 et 75). Les bandes ne sont pas toujours perçues de visu sur le terrain, c'est le cas de la quatrième parfois totalement absente ou présente à l'état fragmentaire. On peut remarquer que certaines bandes biogécéniques (les deux premières) apparaissant très tôt dans la zonation peuvent réapparaître à la faveur de perturbations naturelles dans le milieu. Une substitution possible de la bande sous-arbustive et arbustive à *Hippophae rhamnoides* et *Sambucus nigra* dominants par une végétation introduite et dépérissante de *Pinus nigra ssp laricio* est également à noter.

La troisième bande n'existe parfois qu'à l'état de lambeau sur une profondeur variable à cause de l'existence d'une série de dunes confuses et mouvantes caractérisée par une marqueterie irrégulière de formes de déflation ou d'accumulation. Cette portion d'espace dunaire est le siège du biotome de l'arbrisseau en définissant au préalable l'arbrisseau comme un végétal ligneux sans tronc présentant une tige ramifiée dès la base. En se référant à la classification des formes biologiques opérée par J.P. Gros (GROS, 1991), il est possible de qualifier ces bas fourrés dunaire d'arbrisseaux buissonnants. Cette dernière expression peut être soumise à différentes interprétations et renvoie soit au végétal ligneux en tant qu'individu différencié de l'arbuste à tige unique par l'enchevêtrement de ses tiges basales et de leurs rameaux, soit au groupe d'arbrisseaux présentant ce même enchevêtrement. Ces deux formes biologiques sont présentes à Merlimont.

La cinquième bande correspondant aux hauts fourrés dunaire tantôt difficilement pénétrables, tantôt entrouverts par tout un réseau de layons de chasses est marquée par l'arrivée du biotome de l'arbuste (hauteur < 7 m).

Plus loin ce sont les arbres qui apparaissent, quelques individus arborescents malingres viennent se réfugier çà et là dans le manteau pré-forestier. La limite du biotome de l'arbre n'est pas franche mais progressive, elle n'est pas aussi nette que dans certains massifs dunaire marqués par un plus haut degré d'artificialisation (massif d'Ecault par exemple). La forêt dunaire naît lorsque la végétation arborescente devient plus haute et structurée ¹.

En l'absence d'intervention humaine, la forme qu'acquiert le végétal ligneux croissant isolément ou en groupe dans cette zone très fluctuante du biotome de l'arbre est façonnée par les dures lois de la nature. La description de cette forme peut être riche d'enseignements et est sans aucune mesure avec celle qui est imposée à l'arbre par les mains du sylviculteur dans une forêt aménagée.

A Merlimont, l'arbre poussant à l'état isolé n'est en aucune manière exploitable, sa forme est tortueuse et son port est anémomorphosé voire déjeté par les vents de mer. Lorsque plusieurs individus s'assemblent, un effet bloc ou de solidarité contribue à améliorer quelque peu la silhouette de l'arbre: le tronc moins tordu devient plus droit. Cependant cette morphologie végétale beaucoup plus « forestière » n'est pas toujours observée, notamment lorsque les conditions édaphiques sont particulièrement défavorables à la bonne croissance des arbres (« paresse » de certains bouleaux poussant en bordure d'une nappe d'eau

¹ La limite de l'écotone de la forêt marque le passage entre le manteau et la forêt dunaire.

affleurante ou subaffleurante). Quelques croquis morphologiques seront fournis dans la suite de notre étude pour illustrer ces observations (*infra*, chapitre IX, A. / 2.3.).

Ce modèle de dynamique linéaire stratifiant l'espace en bandes biogéocénétiques permet de comprendre l'enchaînement de certaines séquences paysagères. Une bande biogéocénétique a un caractère unique ou répétitif puisqu'elle peut n'apparaître qu'une seule fois ou au contraire revenir à plusieurs reprises dans la zonation.

Le découpage opéré montre des discontinuités physiologiques, des assemblages structuraux et les limites essentielles que sont les biotomes de l'arbuste et de l'arbre. La **gradualité** de ces limites, leur caractère parfois flou, ne doivent pas masquer leur importance écologique: il existe effectivement des seuils à partir desquels l'arbre ou la forêt apparaît. Pour le végétal, il s'agit d'une réponse naturelle d'un être vivant capable d'adapter sa biologie aux conditions ambiantes qu'il rencontre. Ce sont des seuils de perception, ils se voient concrètement sur le terrain; vouloir les transgresser, c'est combattre les lois naturelles de la nature: l'arbre ne peut aller au-delà de ses possibilités physiques.

Mais cette méthode, essentiellement qualitative et statique, n'étudie pas le dynamisme de la végétation. En effet, les limites prises par ces bandes et ces biotomes ne sont pas fixes, elles changent fréquemment en fonction des aléas climatiques, des interventions humaines et surtout en fonction de la dynamique spatiale propre à chaque espèce. Aussi, bien souvent s'interpénètrent, à différentes échelles, plusieurs dynamiques qui n'ont pas les mêmes formes de conquête spatiale.

En forêt, les dynamiques (**externes et internes**) sont multiples, les contacts diversifiés, l'architecture constamment renouvelée. L'écosystème forestier est complexe et des critères, autres que floristiques (microclimat, sol), sont à prendre en compte si l'on veut comprendre son fonctionnement.

C hapitre IX. PRINCIPAUX ASPECTS DE LA DYNAMIQUE DE LA VEGETATION LIGNEUSE

A. UN BILAN DES ETATS ACTUELS: L'APPROCHE SYNCHRONIQUE

En écologie ou en biogéographie forestière les chercheurs ont toujours classiquement opposés les évolutions **linéaires** aux évolutions **cycliques** (BLONDEL, 1986; CARBIENER, 1991; DUREAU DE LA MALLE, 1825; DUQUET, 1993; GEHU *et al.*, 1965; GOUNOT, 1969; IZARD *et al.*, 1967; LEMEE, 1967, 1978; LEMEE *et al.*, 1991; METRO, 1975; OZENDA, 1986; RAMADE, 1993 et 1994; SCHAEFFER *et al.*, 1958).

Les modèles dynamiques reposant sur la notion de série de végétation sont trop schématiques. Les récents travaux de phytodynamique forestière ont permis de montrer la grande complexité des évolutions. R.C. Rameau a proposé par une approche phytoécologique plusieurs grands modèles de dynamique linéaire forestière (RAMEAU, 1990, 1991 a et b). Se basant beaucoup sur l'autoécologie des essences, il a décrit des processus dynamiques en faisant le lien avec les phénomènes cycliques. A Merlimont, la dynamique linéaire n'explique pas tout, nous verrons que la stratification horizontale du paysage est complexe et que plusieurs types de dynamique spatiale s'enchevêtrent.

Dans une étude stationnelle ¹, sol et végétation seront étroitement associés. Le caractère indicateur des espèces va permettre des regroupements dans des groupes d'espèces indicatrices; ces groupes, combinés aux informations pédologiques et structurales, permettront de réaliser un premier **diagnostic stationnel**.

L'étude synchronique doit aussi s'attacher à analyser les variations spatiales de la structure et l'architecture de la forêt.

Les questions d'**hétérogénéité spatiale et structurale** en forêt naturelle ou semi-naturelle ont suscité d'abondantes publications (BARTHOD, 1994; BARY-LENGER *et al.*, 1988; BAUDIERE *et al.*, 1985; BIROT, 1965; BONNOT, 1971; BOULLARD, 1992; BOURNERIAS *et al.*, 1992; DE FOUCAULT, 1985; DERIOZ, 1987; GADANT, 1991; GAUSSEN, 1963 et 1967; HOTYAT, 1990 et 1991; HOTYAT *et al.*, 1988; JOLLIVET *et al.*, 1992; JULVE, 1985 a; LEMEE, 1994; LEPART *et al.*, 1983; POISSONET *et al.*, 1980; PONGE *et al.*, 1994; REY, 1960). Les travaux sur l'**architecture de l'arbre**, sur son cycle de vie, depuis sa naissance jusqu'à sa sénescence ont été consultés avec profit

¹ La station sera définie ici en tant qu'unité descriptive du milieu intégrant non seulement la végétation mais également la topographie, le mésoclimat et le sol (BECKER, 1985; PELTIER, 1985; RAMEAU, 1985; TOUZET, 1994).

(BARTHELEMY *et al.*, 1992; BRAQUE, 1990; HERREMANS, 1992; RIOU-NIVERT, 1993).

Les processus dynamiques sont souvent intimement liés aux **stratégies adaptatives** des essences (BARBAULT *et al.*, 1980; BEAUCIRE, 1978; PELT, 1986; RAMEAU, 1991 a et b; SUSZKA *et al.*, 1994). L'adaptation morphologique est, sur ce point de vue, très intéressante à étudier.

Enfin, nos réflexions porteront sur les **lisières**, milieux d'interfaces (BONNEFONT, 1974; DELELIS-DUSOLLIER, 1985; JULVE, 1985 b) ou marges fluctuantes où se réalise pleinement la dynamique.

1. Des dynamiques spatiales différentes

1.1. Des modèles de dynamiques spatiales non linéaires

1.1.1. Le massif d'Ecault-Condette

Il s'agit d'un massif dunaire très fréquenté par le public notamment pour sa frange bordière non forestière (O.N.F., 1982 b). Les pénétrations diffuses induisent piétinement, déstabilisation du couvert végétal; certains aménagements arrivent toutefois à contenir le public.

La topographie des dunes faite d'une succession de buttes ne permet pas une grande extension des dépressions, les panes ne sont pas développées. Les petits creux sont toujours des refuges et des points d'ancrage pour la végétation ligneuse.

Les pins maritimes situés en lisière de forêt ou en zones dégagées sont soumis depuis une dizaine d'années à un **dépérissement** (fig. 76). Ce phénomène de dépérissement affecte les peuplements monospécifiques exposés, les variétés ibériques et les vieux arbres surannés introduits au XIX^{ème} siècle par A. Adam.

Le pin est rudement concurrencé par les feuillus, notamment dans les strates basses et intermédiaires. Déjà évoqué dans une étude précédente (PETIT-BERGHEM, 1992), le dépérissement se manifeste par un éclaircissement du houppier branche par branche et par une perte d'écorce dans la phase terminale.

Au niveau du houppier, il y a un dessèchement progressif des rameaux puis des branches de diamètre de plus en plus gros puis perte de ramifications secondaires. Au niveau du tronc, un écorçage s'observe fréquemment, des suintements sont quelquefois notés, l'écorce finit par se décoller par plaque. Des champignons pathogènes, types armillaire, interviennent lorsque l'arbre est déjà bien affaibli. Ces pourridiés racinaires prennent une part active dans l'altération des racines et de l'aubier au niveau du collet. A la fin de leur vie, les pins produisent un maximum de cônes et concentrent toutes leurs forces dans l'effort de reproduction, ce qui assure un minimum de régénération naturelle.

Les pins introduisent une rupture dans la gradation naturelle de la végétation. Surplombant les essences avoisinantes, ils sont davantage exposés aux vents marins et au dessèchement. Le manteau arbustif constitué de « bois tendres » (tremble, bouleau, saule...) ne peut jouer convenablement son rôle de barrière. Cependant, la lisière, en partie déperissante, et le bas manteau pré-forestier qui la précède constituent une frange protectrice inexploitable soumise à une dynamique spatiale relativement forte. Le **tremble** semble bien installé dans le milieu; doté d'un fort pouvoir de colonisation, il forme un bas taillis biseauté par les vents de mer. Il présente par endroit un profil en coupe vent très anémomorphosé. Plus à l'arrière prend place la forêt de production gérée par l'O.N.F. et soumise à un plan de gestion spécifique (traitement forestier avec coupes de régénération, d'amélioration...).

La limite du biotome de l'arbre est **franche, brutale** et très **irrégulière**, elle entraîne un effet-lisière et les pins se trouvent directement exposés. Ce caractère de soudaineté et d'artificialisation, l'absence de paliers de progression doivent être attribués à l'homme. Cette limite n'est pas fixe, elle fluctue au cours du temps au gré des aléas climatiques et des interventions anthropiques. La compétition interspécifique entre les espèces et les stratégies de croissance de chacune d'entre elles contribuent aussi à la rendre mouvante. La limite du biotome est rapidement suivie par celle de l'écotone de la forêt. A ce niveau, les feuillus sont conquérants alors que les résineux luttent péniblement pour leur survie.

1.1.2. Le domaine du Mont Saint-Frieux

Les boisements dunaires situés autour du Mont Saint-Frieux sont en partie **artificiels**. Résineux et feuillus ont été introduits au début du XIX^{ème} siècle (*supra* p. 89-91).

La végétation ligneuse représentée par les fourrés d'argousiers ou de saules arrive à proximité de l'estran. Des incursions marines sont possibles. Des plantes typiques des milieux salés (halophytes) peuvent cohabiter sur le flanc maritime de la dune bordière avec des végétaux d'eau douce (jonc...) ou des pionniers psammophytes (oyat, fétuque...).

Les ruisseaux, pour la plupart non pérennes, naissant au pied de la butte calcaire du Mont Saint-Frieux traversent de part en part les dunes d'est en ouest; ce sont des sites d'habitats préférentiels pour les saules (rampants et cendrés) et les bouleaux (fig. 77).

La dune « bordière » offre une topographie très chaotique, les creux bien abrités permettent aux feuillus de se développer convenablement sans trop de déformations ou de défauts de croissance: il arrive que des bouleaux, saules ou autres pins atteignent des hauteurs voisines de 6-7 mètres à moins de 200 mètres de l'estran. Aussi, dans certains cas, on accède rapidement aux limites du biotome de l'arbuste et de l'arbre.

La position de ces limites varie grandement d'un point à l'autre du massif en raison de l'artificialisation des peuplements, des nombreuses ruptures et donc de l'absence d'une gradation naturelle de la végétation ligneuse. L'arrivée de l'arbre est **brutale** en cas de

plantation ou plus **ménagée** sur les secteurs dunaires moins perturbés par les aménagements du passé ou la gestion actuelle.

A l'intérieur du massif, les aménagements destinés à accueillir le public (sentiers, parcours aménagés, points de vue) sont assez bien développés mais toutes ces transformations opérées depuis quelques années concourent à morceller le domaine et à multiplier les situations d'interfaces.

En forêt, les feuillus ont une disposition très enchevêtrée (taillis ou futaie irrégulière avec le bouleau, le frêne, l'érable...) ou se présentent au contraire sous la forme d'un parcellaire géométrique (peuplier). La régénération est naturelle ou assistée quand le besoin s'en fait sentir (impératifs de production). L'exploitation de la forêt est limitée, quelques coupes prennent un caractère sanitaire (enlever les pins laricios dépérissants).

Le pâturage, bien que limité sur le site, contribue à développer la biodiversité et tend à faire diminuer la dominance de quelques plantes ligneuses envahissantes (érable sycomore).

Dans le **Marquenterre**, on retrouve cette situation particulière où la pinède, véritablement plaquée dans la dune, arrive très à proximité de l'estran. La frange forestière aux environs de la pointe de St-Quentin ressemble d'une certaine manière à celle du littoral aquitain: elle est ici en position très avancée à l'interface entre la dune vive et la forêt littorale.

Déjà évoqué précédemment lors du travail de photo-interprétation, ce fait témoigne de la volonté des propriétaires de mener la forêt le plus près possible de la plage. Ce choix, bien qu'il soit justifié pour des raisons économiques ou sociologiques, constitue une absurdité biotique d'autant plus préoccupante que les plantations se sont substituées au fourré-manteau protecteur de la forêt naturelle. Il n'y a aucune solidarité transverse entre les formations ligneuses. La nature reprend toujours ses droits et les premiers pins exposés sont condamnés à un dépérissement rapide (photo 5).

Les deux exemples présentés montrent que la disposition des éléments ligneux dans un massif dunaire est complexe; les gradients géographiques liés aux seuls facteurs physiques (constance et intensité des vents) restent souvent théoriques et s'appliquent difficilement lorsqu'il y a eu intervention humaine dans le passé.

Souvent, la pression anthropozoogène se maintient encore de nos jours et des **inversions dans les gradations** sont possibles notamment lorsque des fourrés ou des bosquets de pins arrivent en front de mer.

Dans le site de la Réserve Biologique Domaniale de Merlimont, la pression anthropique est réduite à la pratique de la chasse depuis une cinquantaine d'années. De nombreuses dynamiques spatiales sont observées. De plus, les interventions humaines n'ont pas représenté un frein à la dynamique ligneuse et à la constitution de la forêt littorale qu'il convient maintenant d'étudier plus en détail.

1.2. Le secteur test de Merlimont: analyse des grands types de dynamiques externes à la bétulaie

1.2.1. Les grands domaines de végétation

Les modèles de dynamique linéaire stratifiant l'espace en associations végétales permettent de comprendre l'enchaînement de certaines séquences paysagères mais ne sont pas toujours suffisants pour caractériser géographiquement un paysage et comprendre son fonctionnement.

De plus la phyto et symphytosociologie, disciplines encore ésotériques, demandent de très bonnes connaissances floristiques et une excellente maîtrise de la syntaxonomie, ce qui n'est pas évident à acquérir pour des personnes non spécialistes de ces sciences.

Le schéma phytodynamique présenté (PETIT-BERGHEM *et al.*, 1995; PETIT-BERGHEM, 1996 a) constitue un modèle théorique qui ne s'applique qu'aux **espèces ligneuses**.

La dynamique de la végétation est appréhendée au travers de la modification des biovolumes.

Nous supposons ici que la dynamique des espèces ligneuses n'est pas perturbée par d'autres types de dynamique (à plus grande échelle) qui seraient susceptibles de naître, par exemple, autour d'un fossé de drainage ou d'une mare de chasse.

Ce modèle définit plusieurs grands domaines de végétation dont la localisation tend à se soustraire aux fines variations du microrelief ou aux variations édaphiques de faible ampleur.

Le **premier domaine** correspond à la végétation extra-forestière (fig. 78).

Dans le cas présent, il s'agit surtout des bas et hauts fourrés dunaires dominés physionomiquement par l'argousier. Ce domaine est affecté par une dynamique linéaire commandée par un *gradient climatique* (éloignement de la mer). La végétation se densifie progressivement, commence à se structurer et augmente sensiblement de hauteur.

Il est possible de trouver dans la végétation de ces milieux une part prépondérante de pins plantés dans les années 1976-1982. Ces plantations effectuées par l'O.N.F. ont donné des résultats assez médiocres, surtout celles qui ont été réalisées en deça du biotome de l'arbre. Les pins (majorité de pins laricios) situés à proximité de la mer sont souvent malingres et présentent de fréquentes descentes de cimes ¹.

Le **second** correspond à la végétation forestière, c'est-à-dire à la forêt littorale constituée et structurée.

¹ Des perturbations de la branchaison sont souvent notées (branchaison désordonnée à la base, bris de cime avec perte du bourgeon apical, fourches...). Des flèches multiples peuvent apparaître, elles résultent de la perte de dominance ou de la destruction du bourgeon terminal consécutives à l'action du vent marin. Dans beaucoup de cas, des pousses latérales se sont différenciées pour tenter de reconstituer l'axe de la tige.

Cette forêt entrouverte fréquemment de clairières et de layons de chasse n'est pas affectée partout par le même stade de maturité. Elle est le siège d'une dynamique interne qui peut s'ajouter à la dynamique externe qui prévaut sur ses marges.

Le **troisième domaine**, localisé entre les deux précédents (domaine de transition), correspond à une zone immature d'assez grande ampleur développée dans un environnement édaphique complètement saturé en hiver (inondation). Les saules cendrés, bien présents dans ce domaine, viennent constituer une formation végétale assez ouverte. Cette dynamique de conquête (ou de reconquête) du milieu est liée à la diminution de la pression engendrée par le pâturage ou la surfréquentation du lapin. Les stations inondables une grande partie de l'année, à caractère paratourbeux affirmé, sont dominées presque exclusivement par le saule, qui a tendance à former par endroit un bas taillis hygrophile en position pré-forestière.

Ce taillis, qui constitue un stade intermédiaire, présente une composition floristique moins riche que celle de la forêt littorale. Dans le cas présent, il faut concevoir l'eau du sol, non pas comme un facteur limitant, mais plutôt comme un facteur écologique permanent qui, associé à d'autres phénomènes, devient un élément fondamental de la répartition et de la dynamique du tapis végétal.

Ce secteur très fluctuant et instable s'oppose aux deux précédents, qui, dans leur ensemble, sont caractérisés par une dynamique spatiale de la végétation beaucoup moins forte.

Il faut insister sur le fait que ce schéma dynamique reste théorique, ses modalités de fonctionnement relèvent à la fois de la « **dynamique de groupe** » et de la **dynamique de chaque espèce** qui montre à l'égard des modifications du milieu un comportement spécifique conditionné par son autoécologie. Ce dernier point est important car c'est au niveau des individus qu'agit la sélection naturelle.

Dans le domaine de transition, on peut s'interroger sur la **durée** du stade intermédiaire.

Dans cette zone, des graminées sociales (calamagrostis) et les arbustes (saules cendrés) peuvent par multiplication végétative (rhizomes) ou par rejets de souche, occuper rapidement l'espace en entravant ainsi l'installation d'autres espèces. Ces blocages apparents montrent que cette zone est peut-être appelée à recevoir des changements plus quantitatifs que qualitatifs.

Le domaine forestier caractérisé par la forêt littorale est ponctué de multiples clairières dont la localisation s'explique par de multiples facteurs d'origine naturelle (ancienne mare intraforestière progressivement colmatée, chablis...) ou anthropique (ouverture créée pour les besoins de la chasse...). La clairière (surtout celle d'origine naturelle) est un milieu original à forte potentialité, elle peut jouer le rôle d'une lisière discontinue au sein des boisements forestiers existants. Dans les clairières occasionnées par un chablis, les semis de bouleaux sont les premiers à s'installer grâce au pouvoir de dissémination élevé de leurs diaspores. Sous le couvert des individus de cette espèce, les semis d'autres essences auront tendance à s'installer en cohabitant avec ceux du bouleau (saules, aulnes).

Les trois domaines présentés ne s'appliquent qu'à la végétation ligneuse. Ils permettent une première approche de la complexité du tapis végétal en se basant sur

l'aspect global de la végétation. En élargissant l'analyse aux autres « formes biologiques », d'autres types de dynamique apparaissent.

1.2.2. Des formes de conquête spatiale variées

A grande échelle, le paysage est perçu dans un cadre bien déterminé selon des séquences de végétation dont la localisation est généralement commandée par le **facteur édaphique** et modulée par **l'impact des activités humaines**.

Ces petites séquences s'organisant autour d'entités spatiales ponctuelles ou linéaires décrivent des mécanismes de successions végétales localisées qui ne sont pas obligatoirement en phase, d'où une mosaïque de biotopes et de groupements d'âge et de structure différents mais complémentaires qui réalisent dans l'espace un ensemble de stades successionnels décalés et imbriqués les uns par rapport aux autres.

Nous avons distingué **cinq types de dynamique** correspondant chacune à une forme de colonisation de la végétation particulière; ces différentes dynamiques fonctionnant à des échelles variées tendent souvent à s'imbriquer ou à fusionner (fig. 79).

L'existence de zones hydromorphes dans la dépression interdunaire, inondées généralement de décembre à la fin du printemps, explique le quadrillage de la Réserve Biologique Domaniale par un réseau dense de fossés de drainage. Ces fossés qui traversent la réserve de part en part ont une action drainante très nuisible pour toute la végétation hygrophile arrière-dunaire. Autour de quelques m² s'organise une zonation **linéaire** en franges; la composition des groupements végétaux est forcément liée au niveau d'eau et à la présence ou non d'un faciès vaseux conséquent en été (photo 6). Des plantes herbacées vivaces ou annuelles poussant dans des conditions amphibies laissent rapidement place à des espèces des mégaphorbiaies ou des prairies humides inondables. Celles-ci viennent former un ourlet dunaire mésohygrophile parfois envahi par des plantes banales et ubiquistes (*Calamagrostis epigejos*, *Eupatorium cannabinum*, *Vicia cracca*...); la dynamique pré-forestière s'observe assez rapidement.

Autour des mares de chasse s'organise une zonation en **auréoles** dont les modalités diffèrent en fonction du mode et du degré d'intervention humaine. Ces mares de chasse sont pour la plupart artificielles, elles ont été creusées et aménagées spécialement pour la pratique de la chasse au gibier d'eau (fig. 80). La fâcheuse habitude de faucher sans exporter les résidus végétaux entraîne un appauvrissement de la flore ou des déviations eutrophes, des mauvaises herbes apparaissent fréquemment comme *Cirsium arvense* ou *Cirsium vulgare*. La dynamique pré-forestière se réalise rapidement (photo 7).

Dans les anciennes mares intraforestières encore inondables en hiver et au printemps, des mécanismes de succession similaires sont observés mais il n'y a pas dans ce cas de fauchage (fig. 81). Un pré paratourbeux ou une prairie hygrophile à calamagrostis et jonc à tépales obtus marque le début de l'atterrissement et participe largement à l'assèchement. La cladiaie ou roselière à marisque (*Cladium mariscus* et *Phragmites australis*) précède l'arrivée des boisements d'aulnes ou de saules (fig. 82). La zonation peut être très nette ou présente plus

de confusion à cause d'un envahissement anarchique du centre de l'ancienne mare par les essences forestières (*Betula*, *Salix sp*) (photo 8).

Une autre forme de colonisation correspond à la zonation en **bandes** ou en **ceintures semi-concentriques**. Cette zonation bien développée au centre de la dépression interdunaire dépend de la profondeur de la nappe d'eau et de la durée des périodes d'exondation et d'inondation. Lors de la sécheresse estivale, le niveau d'eau des petites mares naturelles diminue parfois considérablement au point de ne laisser subsister que de petites flaques où l'eau surchauffée et stagnante n'atteint que quelques cm de profondeur. Il se forme parfois des poches d'eau dues à l'affleurement de la nappe phréatique.

A la périphérie, on distingue généralement une zone peuplée de massettes (Typhacées) et de roseaux (phragmites) dont seule la base des tiges est immergée (photo 9). Ces plantes sont qualifiées d'hélophytes ou d'hydrophytes émergés. Le processus évolutif est lié à ce que l'on nomme l'atterrissement, phénomène provoqué essentiellement par la végétation, notamment les hélophytes comme les roseaux. Ces derniers accumulent différents débris terrigènes au sein de leur réseau serré de chaumes qui, eux-mêmes, se décomposent très lentement¹. Cette accumulation favorise l'exhaussement du niveau du sol et permet l'installation de plantes moins adaptées aux sols gorgés d'eau. Bien souvent la litière très importante eutrophise le milieu, c'est ainsi que l'on a pu constater la présence d'*Urtica dioïca*.

Les espèces rencontrées sont issues des mégaphorbiaies ou des prairies humides; nous pouvons voir, entre autres, *Myosotis caespitosa*, *Lotus uliginosa*, *Trifolium pratense*, *Polygonum amphibium*, *Polygonum persicaria*, *Scutellaria balericulata*, *Lycopus europaeus*, *Lythrum salicaria*, *Potentilla reptans*, *Epilobium palustre*... Le fauchage conjugué à l'omniprésence du chevreuil dans ces milieux prairiaux expliquent la fréquente apparition de *Matricaria perforata* ou de *Rumex pratensis*.

Ces vastes zones de roseaux ou roselières sont le domaine d'oiseaux caractéristiques. D'accès difficile pour l'homme, ces milieux sont par ailleurs propices aux haltes migratoires ou au stationnement hivernal. Jusqu'en 1989 séjournait dans ces lieux une **colonie de mouettes rieuses**; les sécheresses consécutives de 1989 à 1991 ont contribué à expliquer leur départ, l'humidité de l'année 1994 a été favorable à leur retour.

Un assèchement de plusieurs années peut nuire à certaines hygrophytes comme *Schoenus nigricans* qui se fait de plus en plus rare; par contre, cela profite à d'autres espèces telles que la molinie: nous avons rencontré sur le terrain une prairie fauchée à molinie particulièrement intéressante. Il est important de garder ce genre d'habitat car dans de tels sites la fauche, avec exportation de la litière, permet le maintien de raretés comme le *Taraxacum* de la section *Palustria* (*Taraxacum maritimum* et *Taraxacum gebricum*), comme *Valeriana dioïca*, comme *Scorzonera humilis*...

¹ On retrouve cette zonation dans les zones humides et les grands plans d'eau artificiels (marais, tourbières, étangs...) (ANONYME, 1979).

Bref, la végétation de ces secteurs marécageux conserve une biodiversité exceptionnelle, de la végétation aquatique aux ceintures herbacées hygrophiles des niveaux les plus hauts. D'une manière générale la richesse de ces petites mares est due d'une part à leurs eaux oligotrophes peu minéralisées et d'autre part à leur faible profondeur (quelques cm en été), leur atterrissement en pente douce et leur faible envasement.

La colonisation par **nucléation** du saule cendré avec la constitution de noyaux arbustifs a déjà été évoquée précédemment (cf troisième domaine de végétation).

Le saule cendré laisse parfois la place à d'autres pionniers anémomorphosés. Lorsque le milieu est soumis à de sévères conditions de vent, on n'observe que des arbustes très épars et très déformés; lorsque les conditions sont moins sévères, les anémomorphoses collectives plus ou moins nombreuses peuvent se développer (fig. 83).

Dans l'anémomorphose individuelle, le vent modèle le végétal et s'impose au matériel vivant (photo 10). Dans l'anémomorphose collective, du fait de la présence d'un premier obstacle vivant, le vent est modifié dans sa direction et sa vitesse; c'est parce qu'il est modifié que s'édifie cette forme collective mono ou plurispécifique (photo 11).

L'étude des dynamiques externes à la bétulaie conduit à opposer **deux grands types de contact**: l'un, vers l'est, correspond à la lisière orientale de la forêt qui est directement en contact avec le cordon dunaire interne; l'autre, vers l'ouest, définit la lisière occidentale qui est en étroite relation avec le manteau arbustif externe.

1.2.3. La vision frontale: lecture dynamique des lisières

Au voisinage du second cordon dunaire, la forêt littorale ne décrit pas une limite nette mais plutôt des sinuosités, des invaginations. La forêt progresse donc de deux côtés, de manière différentielle: vers l'**ouest**, dans la plaine interdunaire, en direction de la mer et vers l'**est**, en dessinant des langues digitiformes à la faveur des creux de la topographie dunaire du cordon interne (photo 12). Ce simple constat des faits avait déjà été remarqué lors du travail de photo-interprétation.

Cette forme de colonisation permet à des espèces forestières, discrètes à l'intérieur de la forêt, de s'exprimer davantage.

C'est notamment le cas de l'**érable sycomore**, bel exemple d'une essence qui s'adapte rapidement à de nouvelles conditions écologiques. C'est une essence nomade, souvent opportuniste, dotée d'un fort pouvoir de germination et de dissémination. Son agressivité est encore renforcée par sa faculté à croître rapidement et à concurrencer les autres essences dans des conditions écologiques variées. Participant puissamment aux accrues, l'érable est également capable à Merlimont de germer en conditions extra-forestières dans un sable pur privé de matière organique (photo 13).

La lisière exposée de ce système subit une alternance de reculs et d'avancées suivant la violence des vents (chablis, déplacement du sable) ou la disparition naturelle des arbres les plus âgés. En fait, la dynamique est double: il y a un **recul** de la forêt par dépérissement puis mort des sujets les plus âgés (essentiellement les bouleaux) et « **récupération** » **spontanée**

de la forêt avec renouvellement naturel (régénération naturelle) et progression de la végétation dans les creux de la topographie dunaire.

Une grande partie de cette lisière orientale est donc parsemée de toute une série de bouleaux morts sur pied ou en voie de l'être. Ce phénomène n'est pas observé de l'autre côté de la forêt, vers l'ouest, au contact du manteau arbustif externe.

Vers l'ouest, la dénivellation est très faible ou nulle, la proximité de la mer se fait encore sentir. La pré-forêt se forme avec la constitution progressive de noyaux arbustifs à base de *Salix* du gp *cinerea*¹ s'enrichissant en arbres pionniers pour devenir peu à peu coalescents. Le développement de la sociabilité chez ces plantes correspond à l'acquisition de défenses contre le milieu extérieur. L'agrégation des individus, bien plus que leur isolement, donne à l'espèce des chances supplémentaires de survie (effet « bloc » possible avec la solidarité des individus entre eux). Quelques bouquets de bouleaux et de trembles viennent se mêler à cette saulaie cendrée dans les formes les plus sèches et les phases dynamiques plus vieilles.

A ce niveau, l'influence du vent est encore manifeste, nous avons vu qu'elle se traduisait par la formation de groupes d'individus anémomorphosés dont la localisation ne semble pas toujours obéir aux fines variations des paramètres écologiques (gradients d'humidité, type d'humus des sols...). Leur présence répond plutôt à des mécanismes impliquant une stratégie reproductive de type *anémochorie*² ou *ornithochorie* modulée par le comportement propre de chaque espèce (son autoécologie) et par l'impact des activités anthropiques.

Cette zone est marquée par l'arrivée du biotome de l'arbre. La limite de ce biotome est ici très **graduelle**, elle n'est pas aussi nette que dans certains massifs imprégnés par la pénétration d'essences exotiques. Il s'agit d'une « zone de combat », très fluctuante, où la stratégie de groupe prévaut sur l'individualisme.

En ce qui concerne la végétation ligneuse, la variété des dynamiques et des contacts introduit l'idée d'une véritable mosaïque paysagère à Merlimont (photos 14 et 15). Il existe des liens dynamiques et souvent des liaisons réciproques d'interdépendance entre les milieux végétaux décrits (figs. 84 et 85). Les actions anthropiques peuvent être à l'origine d'une rupture dans la dynamique naturelle de la végétation. A la faveur d'une perturbation extérieure (fauchage, débroussaillage...), des *discontinuités dynamiques exogènes* apparaissent et viennent renforcer cette mosaïque.

¹ = *Salix* du groupe *cinerea*. Il est fort probable que les saules s'hybrident. M.G. Camus avait déjà répertorié au début du siècle dans les dunes situées entre Berck et Merlimont 6 espèces (ou sous-espèces de saule) et 5 hybrides (CAMUS, 1903).

² L'anémochorie est avant tout une stratégie de quantité: les espèces produisent de nombreuses diaspores à forte capacité de dispersion. Les graines de bouleaux et de saules sont parfaitement adaptées à la dissémination par le vent, elles germent rapidement et prolifèrent avec une rapidité surprenante.

L'endozoochorie (diaspores avalées par les animaux et graines rejetées avec les excréments) affecte la plupart des arbres fruitiers. De nombreuses plantes sont caractérisées par une dispersion mixte, c'est le cas de l'argousier qui est propagé soit par les oiseaux (baies), soit par le vent (graines).

A l'intérieur de la forêt, ce sont d'autres procédés qui prennent le relais comme la barochorie: à maturité, les diaspores se détachent et tombent par gravité.

A l'intérieur de la forêt, d'autres discontinuités existent, mais ce sont des discontinuités *dynamiques endogènes* provoquées souvent par de simples modifications des paramètres microclimatiques ou pédologiques.

Une étude stationnelle analysant la forêt de l'intérieur est donc indispensable si l'on veut comprendre sa structure et son fonctionnement réel.

2. La forêt vue du dedans: les dynamiques internes propres à la bétulaie

2.1. Méthodologie de terrain et de laboratoire

En biogéographie forestière, la **station** est l'expression des conditions écologiques locales. Ces conditions dépendent essentiellement de la roche mère, de la topographie, du climat local et agissent sur la végétation et le sol.

Pour notre démarche, on peut concevoir la description des stations comme une synthèse de deux études analytiques, celle du sol et celle de la végétation proprement dite. Le choix et la délimitation des stations reposent en premier lieu sur des critères physiologiques. Dans la détermination de ces stations, les arbres seront fondamentaux car, dans la hiérarchie physiologique, l'arbre a plus d'importance qu'une plante du sous-bois. En forêt, la station va représenter une portion d'espace physiologiquement homogène définie par la distribution des essences présentes et leurs caractéristiques (hauteur, recouvrement, vigueur...) ainsi que par l'ensemble de la flore arbustive, herbacée et muscinale.

Dans le site de la Réserve Biologique Domaniale de Merlimont, nous avons défini **six stations**, dont quatre sont situées en forêt (fig. 86). De superficie variable, ces stations sont relativement homogènes dans leurs conditions physiques et biologiques (mésoclimat, topographie, structure de la végétation, composition floristique, sol).

2.1.1. Les relevés de végétation

La comparaison des caractéristiques écologiques d'une station à une autre est donc effectuée à partir des données floristiques combinées aux informations pédologiques.

Les relevés floristiques sont établis selon les méthodes classiques de la phytosociologie. L'inventaire floristique est accompagné d'un coefficient quantitatif (coefficient d'abondance-dominance). Ces relevés doivent répondre à des critères d'homogénéité floristique et écologique.

Pour les espèces ligneuses, nous avons opté pour une représentation graphique qui soit à la fois *structurale* (stratification, densité) et *dynamique* (état actuel d'équilibre, concurrence entre les espèces, sens de l'évolution).

L'établissement des pyramides structurales permet de saisir « les forces en présence » et les dynamiques en action. Ces pyramides nous donnent la possibilité d'estimer le poids relatif d'une essence en analysant sa représentativité et en la quantifiant dans chacune des strates (annexe 3). Ces diagrammes de structure sont de précieux indicateurs de la dynamique *actuelle* et permettent, par un examen minutieux des strates basses, d'anticiper sur la composition *future* de la formation végétale.

Grâce aux relevés floristiques et à la Flore Forestière Française (F.F.F.) (RAMEAU *et al.*, 1989; BARTOLI, 1992), il est tout à fait possible de préciser les niveaux trophiques et hydriques des stations.

En effet, en proposant une représentation graphique de l'autécologie de chaque espèce, la F.F.F. donne des indications très pertinentes pour évaluer les caractéristiques d'une station à partir des relevés floristiques. La F.F.F. présente les exigences de chaque espèce vis-à-vis des facteurs écologiques fondamentaux: alimentation en eau (**gradient hydrique**), nutrition en bases et secondairement en azote (**gradient trophique**). La connaissance de ces exigences et de l'amplitude de variation selon chacun de ces deux gradients permet de regrouper les espèces aux comportements moyens relativement proches et donc de former des groupes d'espèces indicatrices. Douze groupes ont été définis (annexe 4). En l'absence de catalogue des stations forestières, le groupe se révèle un bio-indicateur précis: il offre la possibilité de réaliser un premier diagnostic stationnel.

Les groupes d'espèces indicatrices sont constitués à partir des fiches autécologiques fournies pour chaque espèce dans la F.F.F. Toutefois, il faut conserver un regard critique sur le classement de certaines espèces tel qu'il est proposé par la F.F.F. En effet, le classement « théorique » de quelques espèces peut éventuellement être corrigé à partir des données de la littérature régionale: les indications écologiques mentionnées dans les flores régionales (DE LANGHE *et al.*, 1992; DURIN *et al.*, 1991; VIGNON, 1978 et 1981) permettent de rectifier dans certains cas le classement avancé par la F.F.F. par un glissement vers un groupe de niveau trophique ou hydrique différent.

Un histogramme est ensuite construit, il donne la possibilité d'apprécier la représentativité de chaque groupe dans son apport à la détermination des niveaux trophiques et hydriques. Ce type de représentation graphique reste qualitative: la présence d'une espèce est détectée dans un groupe mais non quantifiée dans ce dernier.

2.1.2. Les relevés pédologiques

2.1.2.1. Un littoral peu prospecté: la rareté des études pédologiques

Les sables dunaires constituent des formations sédimentaires allochtones à partir desquelles vont prendre naissance les sols.

A notre connaissance, très peu d'études pédologiques ont été menées sur le littoral dunaire du Nord de la France.

Dans sa carte simplifiée des sols du Nord de la France ¹, F.X.Masson réserve pour les zones de dunes et de sables des plaines littorales les expressions de sol peu évolué d'apport marin et éolien ou de sol hydromorphe minéral à gley (sur sable, limon, argile limoneux).

Dans ces sols, l'activité biologique est en relation avec la teneur en matière organique et la présence du système racinaire des végétaux (effet rhizosphère) (GEHU, 1963; GEHU *et al.*, 1985 a).

Dans son mémoire de D.E.A., A.Tréhoux montre que les développements des sols restent très mesurés voire inexistantes pour les dunes de la xérosère (simple humification en surface) (TREHOUX, 1995). Lorsque les conditions deviennent favorables aux accumulations (dépressions) ou sous couvert forestier, des évolutions plus marquées sont notées. Pour la **xérosère**, le facteur conditionnant la répartition des végétaux et donc l'existence de sols est surtout la mobilité du substratum. Pour l'**hygrosère**, les sables sont davantage stabilisés; le facteur conditionnant est la profondeur de la nappe phréatique.

Les sols dunaires qualifiés d'intrazonaux se trouvent sous la dépendance de conditions très particulières de milieu (roche mère quartzreuse meuble à texture grossière, hydromorphie...); leur évolution peut être rapide, beaucoup plus rapide que pour les sols dits « climatiques » (BONNEAU *et al.*, 1967). En effet, dans les dunes, ce ne sont pas les facteurs bioclimatiques généraux qui interviennent dans la formation et l'évolution des sols. Les **facteurs de station** (topographie, végétation, économie en eau) sont au premier plan et orientent la pédogénèse.

Les récentes recherches de R.Langohr et de C.Ampe (Institut de géologie de l'université de Gand; laboratoire de pédologie) ont introduit un nouveau critère dans la relation dynamique sol / végétation: le degré de compaction du sable (AMPE *et al.*, 1991, 1993 et 1996) ².

Dans la plaine maritime flamande (réserve naturelle du Westhoek), ces chercheurs ont décrit sous des argouseraies ou saulaies des profils de sol montrant sous un horizon humifère A et une « couche biologiquement active » B des sables compacts non réduits stratifiés horizontalement avec des densités de plus de 1,5 gr / cm ³. Ces sables compacts bloquent la pénétration des racines et compliquent l'absorption de l'eau et des substances nutritives. Ainsi, bien que l'eau montante capillaire puisse être atteinte par les racines des plantes lorsque la nappe phréatique est peu profonde, le volume de sol disponible avec eau et matières nutritives est donc souvent très restreint.

¹ Carte publiée dans sa thèse p. 134: « Schéma général de l'organisation de la couverture pédologique de la région du Nord en fonction des grands ensembles pédogéomorphologiques » (MASSON, 1992).

² Les propriétés physiques du sable (compaction) peuvent intervenir pour expliquer l'apparition précoce de l'argousier sur certaines dunes (Merlimont, baie d'Authie). En effet, il est fréquent de trouver des argousiers à proximité de l'estran alors que les conditions ne s'y prêtent pas vraiment: embruns salés, accumulation de sable. Lorsque l'oyat n'est plus apte à se maintenir, son système racinaire produit en se décomposant des canaux d'infiltration humifère: le sable moins compacté et davantage mêlé à de la matière organique sera ensuite plus facilement colonisé par l'argousier.

2.1.2.2. Méthodologie adoptée: étude morphologique et analyse en laboratoire

Le travail de pédologie a été concentré sur le site de la Réserve Biologique Domaniale de Merlimont. Après quelques sondages à la tarière, six fosses pédologiques ont été creusées avec l'aide des agents techniques de l'O.N.F.

Une première étape consiste à faire un examen minutieux de la morphologie du profil. L'étude morphologique est le préalable indispensable à tout travail d'analyse en laboratoire. Cette étude doit s'appuyer sur l'observation de:

- l'épaisseur et la nature de chaque matériau successivement rencontré;
- la mesure des couleurs (code Munsell);
- la localisation des grosses racines et la profondeur qu'elles atteignent. Les zones où abondent les fines racines ou radicelles doivent être également notées;
- la description de la matière organique et de son degré de décomposition;
- l'état sec ou humide de chaque tranche de sol individualisée.

Lorsque chaque horizon est délimité, nous pouvons ensuite préciser comment s'effectue le passage d'un horizon à un autre.

Quand cette première étape est franchie, des prélèvements sont faits et les recherches se poursuivent en laboratoire (annexe 5). Mais les analyses granulométriques ou physico-chimiques n'ont de sens que si elles sont réalisées sur des échantillons prélevés en fonction de la **réalité des observations macroscopiques**.

2.2. L'exploitation des résultats

2.2.1. Les données pédologiques

Pour la description des profils et pour l'interprétation des analyses, nous nous sommes basés sur la littérature existante en langue **française** (BAIZE et JABIOL, 1995; BAIZE *et al.*, 1995; BAZIRE, 1989; BONNEAU *et al.*, 1967; BONNEAU *et al.*, 1994; CAILLEUX *et al.*, 1984; CALLOT *et al.*, 1982; CLEMENTE *et al.*, 1988; DELAUNAY, 1983, 1987; DRESCH, 1968; DUCHAUFOUR, 1970, 1985, 1989 a/b/c, 1994; ELHAÏ, 1978; ERHART, 1967; FUSTEC-MATHON *et al.*, 1967; FUSTEC-MATHON, 1970; GALL, 1995; GEHU *et al.*, 1985 a; JABIOL, 1988; JABIOL *et al.*, 1994; LEFEVRE, 1977; LEMEE, 1967; LOZET *et al.*, 1990; MAIGNIEN, 1969; MASSON, 1992; ROBIN *et al.*, 1995; RUELLAN *et al.*, 1993; SAVOIE, 1990; SOLTNER, 1982; TREHOUX, 1995; TRICART, 1978), **anglaise** (AMPE *et al.*, 1993; BAKKER *et al.*, 1990; CARTER *et al.*, 1990; CRESSER *et al.*, 1993; JUNGERIUS, 1989, 1990; MÜCHER, 1990; STURGESS, 1992; VAN BECKHOVEN, 1992; WILSON, 1992) ou **néerlandaise** (AMPE *et al.*, 1991).

2.2.1.1. Nomenclature des horizons et classification

En forêt, la plupart des sols rencontrés sont jeunes et présentent un **profil peu différencié**.

La plus ou moins grande importance de la charge en fines, la richesse en cations et l'hydromorphie (drainage interne, variation des niveaux piézométriques) entrent en jeu pour opérer des différenciations. Des horizons s'individualisent grâce aux mécanismes d'altération et aux dynamiques biologiques et d'accumulation de matières organiques (annexe 6).

En surface, les **horizons organiques O** sont toujours présents, leur épaisseur varie en fonction du degré d'activité biologique. Pour certains profils, il est bon d'opérer au sein de cet horizon O une distinction entre la litière (OL) constituée de débris végétaux non décomposés, la couche de fermentation (OF) qui signale un début de décomposition, et la couche d'humification (OH) où les structures végétales ne sont plus discernables.

Pour les profils qui nous intéressent, ce sont les sols à faible activité biologique (C/N élevé) ou les sols saturés en eau durant une longue période de l'année qui présentent les horizons O les plus épais.

Sous ce premier niveau apparaît un **horizon organo-minéral** que l'on peut noter A₁. Il y a simple juxtaposition de matière organique non reconnaissable avec des grains minéraux; à l'oeil nu, il est facile de remarquer qu'il n'y a pas de liaison entre matière minérale et matière organique. De couleur assez sombre ¹, son épaisseur varie de 5 à 15 cm, il est toujours plus riche en cations et en matière organique que les horizons sous-jacents. Cet horizon de surface est le plus riche en Ca⁺⁺ sous litière améliorante donnant un humus de type hémimoder (végétation feuillue) que sous litière acidifiante donnant un humus de type dysmoder.

La production beaucoup trop faible de ciments organiques ne permet pas d'agréger les particules sableuses (absence de complexe argilo-humique). Aussi, dans ces milieux sableux, on parle de structure continue particulière. Vu le % très faible d'argile, il n'y a pas de complexe argilo-humique; une mauvaise texture n'est pas compensée par une bonne structure.

Plus en profondeur est généralement noté un **horizon A₂** appauvri en particules colloïdales et en éléments échangeables. Sa couleur toujours très claire est fonction de l'intensité de l'appauvrissement. Parfois, il n'y a même plus de revêtement argileux ou limoneux sur les particules sableuses et seuls les minéraux primaires de quartz restent pour donner une tonalité très blanchâtre à l'horizon ².

¹ Sur le plan de la couleur (code Munsell), les horizons A₁ ont toujours un chroma ≤ 2; ce n'est pas le cas pour les horizons plus profonds. Les chercheurs britanniques ont également remarqué que les contrastes de couleur sont toujours très forts entre les horizons A et les horizons C (CARTER *et al.*, 1990).

² Les pH notés dans cet horizon sont autour de 5-6. Dans les parties les plus jeunes de la forêt d'Oléron, J.P. Demoly a indiqué des valeurs de pH de 4 à 5 pour le même type d'horizon (DEMOLY, 1987).

La description de sa morphologie et ses caractéristiques analytiques font penser à un horizon E éluvial mais le rattachement à cet horizon de référence est rendu difficile en raison du faible degré d'évolution du sol et de l'absence d'horizon B sous-jacent.

D'autres cas peuvent se produire, nous pouvons notamment trouver un horizon A₂ presque minéral mais traversé par des composés organiques solubles et « en transit » pouvant lui donner une coloration moins claire: horizon d'infiltration humifère ou à matière organique « de diffusion ».

Souvent dans ces dunes, la durée d'évolution du sol reste insuffisante pour donner des horizons A très différenciés. Dans ces conditions, la désignation d'un horizon de référence peut poser problème. Contenant toujours de la matière organique en proportion variable, ces horizons mal constitués, dont la structure pédologique est peu développée et dépendante de la texture sableuse, ressemblent, d'une certaine manière, à des horizons « atypiques » ou « jeunes » référencés Js et Jp dans le référentiel pédologique (horizon J de surface ou de profondeur).

Nous avons adopté la classification en A₁, A₂, (A₂) mais les chercheurs emploient fréquemment d'autres indices dans leur nomenclature; ces indices leur sont personnels. Par exemple, H.J. Mùcher décrit des horizons A_h (MUCHER, 1990); J. Maucorps parle de A₁₁, A₁₂, A₁₃, (A₁) et pour la roche mère de C₁, C₂, C_{1ca}...

Pour un seul profil, nous avons défini un **horizon (B)** d'accumulation relative en fer et en aluminium. La fraction fine totalement absente en A₂ réapparaît dans cet horizon.

Dans ces sols peu évolués, il est fréquent d'atteindre assez rapidement la roche mère, **horizon C** sableux (sable pur) pénétré par les racines des végétaux. Le passage entre les horizons A et C se marque parfois par des variations brutales de pH (**jeune bétulaie / bétulaie-tremblaie**) (fig. 116, annexe 8). Lorsque le % de CaCO₃ est notable (≥ 4 %), on pourra parler de C_{ca}.

Les horizons C sont prospectés par le système racinaire des arbres et des arbustes, ils peuvent contenir une petite quantité de matière organique mal décomposée (restes de racines vivantes ou mortes).

Par ailleurs, il est tout à fait possible de trouver à plusieurs dizaines de cm de profondeur une couche d'aspect noirâtre et d'épaisseur notable (> 10 cm), aux limites nettes et régulières, et dont la granulométrie montre un enrichissement en fraction fine (argile). Ces horizons organo-minéraux enfouis notés A_b sont les témoins d'une pédogénèse ancienne qui s'est développée à partir d'un couvert végétal et d'un matériau sableux certainement différents de ceux rencontrés plus en surface.

Il faut bien garder à l'esprit que les dunes sont caractérisées par leur grande instabilité. A l'échelle de la vie humaine les ruptures d'équilibre biologique provoquées par les remaniements éoliens entraînent le développement d'une évolution cyclique (cycle édapho-biologique à l'échelle stationnelle) permettant la succession de phases *progressives*

(installation de la végétation) et de phases *régressives* (invasion dunaire) dont témoignent la présence des horizons pédologiques enterrés¹.

Dans la dépression interdunaire, inondable une grande partie de l'année, les sols sont marqués par l'apparition de traits d'hydromorphie qui viennent se surimposer à la morphologie pédologique préexistante.

Dans le cas d'une inondation presque permanente (cas de l'**aulnaie-érablaie**), l'hydromorphie conduit à la formation d'un horizon A très épais (15-20 cm); le fer réduit peut migrer dans un **horizon réductique** G sous-jacent (gley) dominé par des teintes claires (sable jaune pâle).

Dans les cas extrêmes (milieux très fangeux), l'hydromorphie provoque en surface la formation d'un horizon histique (holorganique) marqué par un ralentissement de l'humification et une évolution tourbeuse ou paratourbeuse de la matière organique.

Pour certains profils de sol, le battement de la nappe phréatique introduit un régime hydrique bien particulier favorable à l'apparition **d'horizons rédoxiques** notés g caractérisés par des phénomènes d'oxydo-réduction (pseudo-gley): alternance de processus de réduction-mobilisation du fer (FeO en période de saturation) et de processus d'oxydation-immobilisation du fer (Fe_2O_3 en période de non saturation). Une oxydation dominante, qui est le signe d'un bon drainage interne, va fournir un horizon caractérisé par la juxtaposition de plages ou de traînées rouges.

L'hydromorphie reste bien un processus secondaire. Elle ne gomme pas les traits pédologiques préexistants qui résultent des autres processus fondamentaux de la pédogénèse (altération, évolution de la matière organique, libération des constituants...): on pourra donc parler de A_{1g} , de A_2g ...et de G lorsque l'hydromorphie correspond à un excès d'eau permanent.

Il semble bien établi, d'après tout ce qui précède, que les profils de sols rencontrés doivent se rattacher aux **arénosols** (typologie du référentiel pédologique français) (BAIZE *et al.*, 1995). On opte pour ce rattachement bien qu'il soit imparfait en raison des signes nets d'hydromorphie rencontrés bien avant 80 cm dans la plupart des cas.

Pour l'aulnaie-érablaie, l'excès d'eau prolongé affectant les 50 premiers cm du sol et le % plus élevé d'argile (> 12,5 %) nous font plutôt penser à un **réductisol**.

En mettant de côté cet aspect du fonctionnement hydrique des sols, tous les autres critères de diagnostic sont en faveur des arénosols: granulométrie très sableuse (plus de 65 % de sables totaux), structure uniformément particulaire, CEC très faible (fig. 117, annexe 8), drainage vertical rapide, présence d'horizons O, A, C et éventuellement d'un horizon rédoxique g. Le terme régosol doit être proscrit car on observe toujours au sein de l'horizon A de la matière organique en quantité notable. Cette référence désigne plutôt des sols minéraux bruts, elle s'applique à des milieux dunaires jeunes non colonisés par la forêt ou les fourrés.

¹ Ces horizons enfouis sont trouvés là où une surface stable avec de la végétation a été recouverte par des accumulations sableuses (JUNGERIUS, 1989).

2.2.1.2. L'analyse granulométrique

L'analyse granulométrique montre que les sables des échantillons prélevés présentent des dimensions comprises surtout entre **100 μ et 500 μ** (annexe 7).

Le caractère sableux des sédiments dunaires n'empêche pas l'existence de nuances dans la texture.

La médiane peut servir à caractériser la grossièreté du sédiment.

Les sables des horizons superficiels humifères apparaissent pour la plupart constitués d'éléments plus fins que les sables des horizons sous-jacents: la valeur de la médiane est toujours inférieure à 200 μ pour ces sables humifères.

Pour chacune des stations, on observe des variations assez sensibles de la valeur de la médiane et des quartiles à différentes profondeurs (annexe 6). Cette variabilité traduit le caractère oscillant de la force de transport et montre que les accumulations sableuses sont caractérisées par de fréquents changements de granulométrie (stratification plus ou moins nette de lits sableux s'individualisant les uns par rapport aux autres).

Les changements de la composition de la fraction sableuse signalent des variations modérées dans le compéte du processus de transport. Pour un même profil, différents apports de sable correspondent à des séquences granulométriques précises qui se sont succédées dans le temps. La distinction entre les échantillons se fait surtout au niveau des petites et moyennes particules de sable (valeurs comprises entre 0,125 et 0,25 mm).

Les couches de sable plus profondes apparentées au matériau parental sont en général constituées de particules plus grossières, les courbes granulométriques sont décalées vers la gauche (cas très significatif de la station à *Populus alba*).

Ces différences de granulométrie ont toutes leur importance dans la dynamique pédologique dans la mesure où elles conditionnent la circulation de l'eau à l'intérieur du volume de sol; elles peuvent contribuer à des phénomènes de remontée de l'eau par capillarité. D'une manière plus générale, la granulométrie reste, avec la structure, un facteur fondamental permettant de définir et de comprendre les propriétés physiques du sol (porosité, perméabilité et aération).

L'allure de la courbe (valeur de la pente) et les *indices granulométriques* permettent de donner des précisions sur le classement du sédiment.

La pente est en général bien marquée et montre que la sélection des grains s'opère entre des limites de dimensions resserrées (particules entre 150 et 250 μ). Le bon triage est confirmé par le coefficient S_0 compris entre 1,20 et 1,30 et par les valeurs de Q_{dphi} et de H_e comprises entre 0,24 et 0,35 pour la quasi totalité des échantillons. Le sable prélevé à faible profondeur apparaît dans l'ensemble un peu mieux classé que le matériau sableux sous-jacent.

Le grain moyen donné par la *médiane* montre que les échantillons sont représentatifs d'un sable pur (fraction sableuse > 75 %) constitué essentiellement de particules fines (Me autour de 0,2 mm). La fraction fine (argile-limon) reste toujours très réduite. Les horizons montrant une faible incorporation de la matière organique à la matière minérale (horizon organo-minéral de surface ou enfoui) offrent une proportion plus importante d'éléments fins mais généralement inférieure à 15 %. Le faible degré d'évolution des sols explique que la majorité

des échantillons se caractérise par des pourcentages très élevés de sable; les valeurs sont souvent proches de 100 %.

Tous les échantillons prélevés dans la dépression interdunaire, à des distances variables de la mer, en milieu pré-forestier (station à *Populus alba* et station à *Populus tremula*) ou forestier (quatre autres stations) ont un grain moyen autour de 0,20 mm. A titre de comparaison, nous avons effectué des analyses dans un site extra-forestier (dune noire caractérisée par le faciès ras à *Tortula*) sur le cordon dunaire interne. Ces analyses font apparaître une proportion plus importante de sable grossier (valeur de la médiane pour l'ensemble du profil autour de 0,24 mm). Ces différences de résultats montrent que le cordon dunaire interne, plus ancien, n'a pas connu les mêmes conditions de formation que son homologue situé plus à proximité de la mer (cordon externe).

La granulométrie des sables du massif dunaire de Merlimont apparaît très voisine de celle observée dans les dunes d'Ecault (PETIT-BERGHEM, 1992). Les dunes plaquées du mont St-Frieux montrent également des résultats comparables. Pour ces dernières, les apports de carbonate de calcium (> 15-20 % en surface) n'ont pas la même origine comparativement à ceux de Merlimont: la présence de débris de craie très fragmentés montre les possibilités d'apport direct de calcaire à partir des formations crayeuses constituant le substrat sous-jacent au sol.

Pour nos échantillons, on note une absence de relation nette entre les teneurs en calcaire et les proportions plus ou moins changeantes de sable fin ou de sable grossier. Des teneurs sensibles de CaCO_3 (> 1 %) ne s'accompagnent pas forcément d'une part plus importante de sable grossier contrairement à ce que certains auteurs avaient pu observer dans certaines dunes (FUSTEC-MATHON, 1970). Il est vrai que le fractionnement sur place des coquilles de mollusques produit des carbonates qui se répartissent dans les différentes classes granulométriques. Le calcaire peut très bien se situer dans les fractions fines actives (argile, limon) ou les fractions sableuses. La granulométrie sans décarbonatation ne permet pas de saisir cette répartition.

2.2.1.3. La chimie des sols: répartition des éléments échangeables

La somme des bases est faible. Cependant, la **capacité d'échange** est parfois bien développée en raison de l'abondance de la matière organique (annexe 8).

Dans ces sols sableux, le **calcium échangeable** conditionne au premier chef la saturation du complexe adsorbant.

La simple analyse de la distribution des éléments échangeables (fig. 114, annexe 8) montre l'omniprésence du calcium qui représente toujours un fort % des cations fixés sur le complexe colloïdal: cet élément contribue souvent à saturer voire à sursaturer le complexe adsorbant (rapport S/T supérieur à 100). En fait, les rapports S/T élevés, largement supérieurs à 100 %, sont dus à la dissolution d'une fraction de ce calcaire dans les solutions

d'extraction. Le calcium extrait correspond à la fois au calcium échangeable et au calcium soluble dans l'acétate d'ammonium neutre, en provenance des carbonates.

Même si les horizons sont peu ou modérément calcaires ¹ ($\text{CaCO}_3 < 8 \%$), ils traduisent une ambiance physico-chimique bien particulière caractérisée par l'abondance de l'ion Ca^{++} , un pH élevé souvent supérieur à la neutralité et une saturation du complexe d'échange (fig. 113, annexe 8): un gradient de décarbonatation montre généralement une croissance des valeurs de CaCO_3 avec la profondeur. Le gradient peut s'inverser momentanément (valeurs de CaCO_3 plus élevées en surface qu'en profondeur) dans le cas d'un apport superficiel d'origine latérale, par exemple une accumulation sableuse (cas de la station à *Populus alba* située au pied d'une dune active).

Une baisse dans les solutions de Ca^{++} s'accompagne obligatoirement d'une diminution des autres cations échangeables. Par contre, une augmentation de cet ion dans les solutions n'a pas les mêmes effets escomptés puisqu'elle n'entraîne pas forcément un accroissement de la solubilité des autres cations (cas de la station **bétulaie-tremblaie**). On peut penser que Ca^{++} diminue la mobilité donc la disponibilité des autres cations échangeables.

Dans les horizons A_1 , les bases interviennent en tant qu'éléments nutritifs mais jouent également un rôle essentiel dans la neutralisation de l'acidité (cas de la **jeune tremblaie**, de l'**aulnaie-érablaie** et du **bas taillis de peuplier blanc**).

Le rapport S/T augmente sensiblement en profondeur mais il n'indique pas une plus grande « richesse » chimique du milieu car, dans le même temps, la capacité d'échange cationique décroît ².

En fait, les variations du taux de saturation sont commandées par les fluctuations du **rapport Ca^{++} / CEC**: une brusque augmentation de la valeur de ce rapport correspond à un accroissement en conséquence de S/T (fig. 115, annexe 8).

Excepté le cas particulier de l'oxyde de calcium, les autres cations basiques sont observés principalement dans l'horizon de surface humifère dans des proportions variables. La présence des bases dans cet horizon est inféodée à la matière organique, à la fraction fine active retenant davantage d'éléments et à l'effet de « remontée biologique » lié au cycle biogéochimique susceptible de fonctionner dans ces stations forestières. La variabilité de ces cations paraît souvent fonction des teneurs du sol en argile et en limon; la réapparition en profondeur d'un niveau plus riche en éléments fins est parfois suffisante pour entraîner une augmentation des valeurs (exemple de la station **jeune bétulaie**).

¹ Les dunes picardes sont moins riches en calcaire que celles situées du nord Cotentin à l'île d'Oléron ($> 10 \%$ CaCO_3). Par contre, elles sont plus riches en carbonate que les dunes issues des remaniements des sables glaciaires au nord des deltas néerlandais à partir de Bergen (1-2 % de CaCO_3) (GEHU, 1985).

² Les sables favorisent l'entraînement des solutions et les cations ne sont plus retenus dès que la fraction sableuse avoisine les 100 %. De plus, dans les horizons organo-minéraux, une partie des constituants libérés (calcium, magnésium, potassium, sodium, fer...), stockée par le complexe adsorbant, est utilisée par les plantes pour leurs besoins nutritifs.

Le fait qu'il existe des racines en profondeur indique que le sol contient même en profondeur des éléments nécessaires à la croissance des plantes (**jeune bétulaie / jeune tremblaie**). Cependant, ces racines, bien présentes dans tous les profils à plus de 30 cm de profondeur, sont parfois mortes car elles n'ont guère eu la possibilité de puiser la quantité de nutriments nécessaire à leur métabolisme.

Pour toutes les stations, le calcium est présent en quantité suffisante pour assurer les besoins des plantes.

Dans la répartition des bases, l'oxyde de magnésium vient toujours en seconde position. Ses teneurs sont faibles à moyennes tandis que l'oxyde de potassium est quant à lui très insuffisant. Le sodium (Na^{++}) est également en faible proportion mais sa carence n'a pas d'importance car il n'est pas indispensable aux plantes.

2.2.2. La dualité du sol et de la végétation: diagnostics stationnels

2.2.2.1. Les six stations d'étude de Merlimont

Station n°1: Bétulaie-Tremblaie

Pour cette station, les contrastes de couleurs sont très nets entre les horizons (fig. 106, annexe 6).

En surface (horizon organo-minéral), le petit % de fraction fine permet le développement du complexe adsorbant. Mais le taux de saturation du complexe d'échange (S/T de 54 %) est étroitement corrélé au pH (5,2 en A_1). Le pH augmente régulièrement pour atteindre, comme pour les autres stations, une valeur supérieure à 8 dès 40 cm de profondeur. L'acidité de l'horizon superficiel est signalée par l'apparition d'espèces que l'on peut qualifier de méso-acidiclines (fort recouvrement de *Lonicera periclymenum*).

Dans les autres horizons, les colloïdes sont en défaut, la CEC décroît rapidement. En A_2 , le pH augmente légèrement bien que la décarbonatation soit complète. A_2 est un horizon appauvri, lessivé; sa couleur très claire confirme sa pauvreté en argile et en matière organique, il n'est d'aucune utilité pour les plantes d'autant plus que la structure est très particulière. Seul le quartz ayant résisté à la dissolution reste, les autres éléments libérés sont lixiviés. Il n'y a pas de revêtement des particules sableuses; l'eau, peu retenue, est vite épuisée.

Pourtant, le sol est affecté de **traits d'hydromorphie**: le battement de la nappe phréatique introduit un régime hydrique favorable à l'apparition de phénomènes d'oxydo-réduction: un horizon rédoxique (B)g est noté.

(B)g se distingue des autres horizons par ses caractéristiques granulométriques. Par ailleurs, ce petit volume de sol se singularise des autres par ses accumulations d'hydroxydes (Fe, Al). Il s'agit d'une accumulation relative puisque les constituants les plus solubles sont partis, seuls sont restés les oxydes et hydroxydes de fer et d'aluminium. (B)g coïncide avec

la zone d'oscillation maximale de la nappe; la forme oxydée de fer lui donne une coloration rouille. Le complexe adsorbant, bien que réduit, est sursaturé (abondance de l'ion Ca^{++}).

Humidité, perméabilité du matériel et végétation plus ancienne ont facilité une différenciation plus forte; le sol est plus évolué que « l'arénosol » de la jeune bétulaie (cf profil suivant). L'épaisseur des horizons est un autre critère d'ancienneté de ce sol; A_1 et A_2 sont bien développés et il faut attendre plus de 30 cm pour passer à l'horizon C. Une évolution podzolique est également notée¹ bien que la végétation ne soit pas acidifiante.

Cette station est bien représentative du « *Ligustro-Betuletum* », forêt à base de bouleaux et de trembles dans les strates dominantes (plus de 7 m) et du troène dans les strates basses (moins de 1 m). Le toit de la canopée est dominé par des essences pionnières héliophiles (fig. 100, annexe 3). Les trembles semblent bien installés dans ce milieu, la régénération naturelle est bonne, ils sont présents dans la plupart des strates de la pyramide. Le faible taux de recouvrement des strates intermédiaires montre que cette forêt « claire » n'est pas encore saturée floristiquement. Les strates basses (< 1 m) au fort taux de recouvrement sont caractérisées par un nombre important de plantes ligneuses. Elles contiennent des espèces arbustives et sous-arbustives (troène, ronce...) capables de s'étendre rapidement par marcottage et des plantes sociales envahissantes dotées d'un fort pouvoir de concurrence (calamagrostis...).

La liste des taxons présents montre les caractères **mésos** et **hygro-neutrophiles à acidiclins** de la station. Mais la répartition par groupes d'espèces indicatrices dévoile en fait un spectre trophique assez étendu (depuis les méso-acidiclins jusqu'aux calcaricoles). L'amplitude hydrique vis-à-vis de l'alimentation en eau est quant à elle beaucoup plus réduite. La bonne représentation des espèces hygroclines est en rapport avec l'hydromorphie de profondeur.

Station n° 2: Jeune bétulaie

La simple observation des couleurs nous renseigne sur la constitution et le fonctionnement du sol; la dynamique de l'eau est également appréhendée (fig. 107, annexe 6).

La jeunesse du sol est illustrée par le faible développement de A_1 (5 cm). Cet horizon est le siège d'une activité biologique médiocre; la vitesse de minéralisation est très lente (C/N élevé). La petite acidité de surface en A_1 est évoquée par *Teucrium scorodonia* et *Epilobium lanceolatum*. Mais, globalement, la végétation herbacée est le reflet de toutes les valeurs de pH enregistrées autour de la neutralité dans les vingt premiers cm du profil. Les limites entre A_1 et (A_2) et entre (A_2) et (A_2)g sont imprécises et ondulées. La CEC enregistrée pour A_1 est très faible (2,7 méq/100 g de terre), c'est la plus basse de tous les échantillons analysés à ce niveau. Elle est à relier avec un taux de matière organique très

¹ cf caractères morphologiques de A_2 .

faible. Cette matière organique se décompose encore assez bien grâce à la période sèche. Les éléments nutritifs, peu retenus, sont vite épuisés (CEC presque nulle pour (A₂)g). En solution dans le sol, les éléments échangeables sont rapidement lixiviés et peu utilisables par les plantes, l'écart entre Ca⁺⁺ et les autres éléments s'accroît en profondeur.

Les oscillations saisonnières de la nappe se produisent sur une cinquantaine de cm. La coloration rouille de (A₂)g est la conséquence d'un **régime hydrique assez contrasté**. L'alternance d'une humidité forte (hiver et printemps) et d'une sécheresse accentuée (été) colore cet horizon en rouge (présence d'oxyde de fer). La zone de battement de la nappe drainant moyennement bien apparaît jaune pâle parfois tachetée de rouille et infiltrée par de la matière organique de « diffusion »; c'est aussi la zone de prospection racinaire. La position maximale de la nappe en été est marquée dans le profil par l'apparition d'une bande brune caractérisée par un léger enrichissement en particules limoneuses. On constate également pour ce niveau une plus forte proportion de sable fin, ce qui se traduit par une baisse de la valeur de la médiane (Me = 190 µ. Me de 225 µ pour C et de 235 µ pour G).

Cette jeune station forestière est dominée presque exclusivement dans les strates hautes par les bouleaux (fig. 101, annexe 3). Il est fort probable que le bouleau pubescent ne soit pas le seul représentant, *Betula pubescens* est accompagné de *Betula pendula* et des hybrides sont possibles (cf *Betula x rhombifolia*). Dans les strates arbustives, l'aubépine et le troène rappellent le « *Ligustro-Betuletum* ». La végétation ligneuse n'a pas subi d'infiltration exogène; aucune essence introduite n'est notée. Nous sommes dans une partie forestière relativement **récente** qui n'existait pas sur les clichés panchromatiques d'avant-guerre. Les couronnes d'arbres sont jointives, la forte densité des bouleaux limite la pénétration de la lumière. La régénération du bouleau est difficile (peu de plantules); par contre le chêne pédonculé est déjà présent. Cette absence d'ouverture du milieu explique que la strate herbacée soit assez peu recouvrante. Dans cette strate, les plantes affectionnant les conditions **neutroclines** (*Prunella vulgaris*, *Fragaria vesca*) et **neutrophiles** à **neutronitrophiles** (*Rubus* sp, *Cirsium palustre*, *Urtica dioica*...) sont bien représentées. Quelques espèces prairiales (*Potentilla erecta*) ou d'ourlet dunaire mésohygrophile (*Eupatorium cannabinum*) ont réussi à pénétrer en forêt.

Station n° 3: Jeune taillis de tremble (*Populus tremula*)

L'acidité des horizons de surface n'existe pas puisque les valeurs de pH sont toujours supérieures à 8 quelle que soit la profondeur d'échantillonnage (8,3 pour A₁). Le groupe des méso-acidiclines figure en proportion très réduite. L'horizon A₁ très peu développé montre une assez bonne décomposition de la matière organique (C/N < 10). Son caractère légèrement nitrophile est confirmé par *Urtica dioica* et *Solanum dulcamara*. La fraction fine disparaît rapidement, le sable devient grossier en (A₂).

Le profil de sol signale la présence d'un horizon A_b entre 45/50 et 60 cm (7,5 YR 4/2 au code Munsell) (fig. 108, annexe 6).

Ce niveau interstratifié entre deux couches de sable pur montre l'existence d'un **arénosol ancien** enfoui sous l'actuel. Au moins trois critères sont en faveur d'un paléosol:

- *l'épaisseur substantielle de l'horizon A_b*;

Cette épaisseur plaide en faveur d'un horizon superficiel enfoui. Il ne correspond pas au niveau supérieur d'une ancienne nappe ou de la nappe actuelle qui, après son départ, aurait laissé un petit % d'argile. Sa couleur brune montre qu'il s'agit d'un horizon humifère.

Le sommet de cet horizon n'est pas tronqué; les limites inférieures et supérieures sont assez régulières.

- *la granulométrie du matériel sableux*;

Un décalage très net se produit dans la taille des grains de sable entre (A₂) et A_b. Ces différences semblent impliquer deux apports de sédiments.

- *la dissolution quasiment complète des carbonates*.

L'horizon A_b est presque entièrement décalcifié (0,21 % de carbonate de calcium) alors que tous les autres échantillons analysés dans ce profil présentent des % plus élevés de CaCO₃ : 3,84 % pour (A₂), 4,69 % pour C₂...

Par ailleurs, l'écart entre la teneur en Ca⁺⁺ et celle en autres éléments échangeables diminue en profondeur alors que, pour les autres stations, cet écart grandit ou se stabilise.

Cet horizon est donc le marqueur d'une végétation passée¹ sans doute différente de la végétation actuelle et probablement antérieure à la Seconde Guerre mondiale. En effet, cette station est située dans la dépression dunaire en position pré-forestière dans cette zone très fluctuante précédemment décrite. Les clichés panchromatiques de 1947 montraient à cet endroit une absence totale de végétation. A une première phase de pédogénèse dont témoigne la présence de cet horizon pédologique enterré a donc succédé une période de **dépôt** (apport éolien) consécutive à la guerre, véritable crise pour la végétation. C'est à partir de ce dernier que se sont développés la pédogénèse et le sol actuels. A la date des observations (juillet 93), les deux arénosols n'étaient pas affectés par des traits d'hydromorphie (pas de traces d'oxyde de fer).

La superposition des deux arénosols montre qu'il y a dans ces milieux dunaires une étroite dépendance entre l'évolution géomorphologique et l'évolution des sols.

Le fort recouvrement du troène dans les strates basses et moyennes est à mettre en parallèle avec la proximité des fourrés dunaires (fig. 102, annexe 3). Les trembles (diamètre des tiges entre 15 et 40 cm), très en vigueur dans les strates dominantes, sont totalement absents aux niveaux inférieurs. La question de leur renouvellement est posée. Dans la dépression interdunaire et en position pré-forestière, les trembles se trouvent fréquemment en groupement assez dense.

Le taillis est de dimension réduite, il représente un petit îlot de végétation où l'eau n'est présente qu'en profondeur. Dans ce secteur de la dépression interdunaire, on peut passer rapidement d'un milieu bien alimenté en eau à une station plus sèche exposée au vent

¹ Le caractère bien différencié de cet horizon, sa couleur brune, ses limites franches et surtout le fait que les grains de sable soient bien enrobés de matière organique incitent le professeur R. Langohr à en proposer une origine anthropique (labour ou pâturage).

et au plein soleil. A cette époque de l'année, l'eau n'existe pas en surface et des végétaux s'accommodent de ces conditions comme *Calamagrostis epigejos*.

L'examen des relevés floristiques indique une nette prédominance d'espèces **hygroclines-neutronitrophiles** (*Urtica dioica*, *Galium aparine*, *Glechoma hederacea*...) et **mésohygrophiles** (*Populus tremula*, *Phragmites australis*...). Le voisinage des roselières et des prairies paratourbeuses se traduit par la venue de *Phragmites australis* et de *Lysimachia vulgaris*. Le développement excessif d'*Urtica dioica* n'est pas étranger à la fréquentation humaine par le biais de la pratique de la chasse.

Station n° 4: Bas taillis en position d'abri (*Populus alba*)

Dans cette station pré-forestière située dans une cuvette en bordure d'une dune encore active, des accumulations de sable se produisent, notamment en saison hivernale.

Ici, l'horizon A₁ est à peine formé car la surface est recouverte de sable avant que la matière organique puisse s'accumuler (fig. 109, annexe 6). Dans cet horizon A₁ s'observe une simple juxtaposition de grains de quartz et de matériel foliaire finement broyé. La position plus avancée de la station explique le caractère nettement plus calcarifère des dunes. Les taux de carbonate de calcium autour de 5 % donnent des valeurs homogènes de pH pour tout le profil, toujours supérieures à 8. La décalcification n'est pas apparente; en surface, les % sont beaucoup plus élevés qu'à l'accoutumée. Les plantes **neutrophiles** et **neutronitrophiles** dominent et illustrent ce phénomène. Par ailleurs, le groupe des méso-acidiclines est absent, c'est le seul cas des six stations étudiées.

Sur le plan de leur composition granulométrique et de leur teneur en éléments échangeables, (A₁) et A₁ présentent globalement les mêmes caractéristiques. Par contre, la matière organique, davantage transformée et liée aux particules sableuses, est plus importante pour (A₁).

L'eau n'intervient pas dans la différenciation du profil. Les horizons minéraux n'offrent pas la capacité de garder des réserves d'eau en saison sèche; la nappe a été relevée à 1,85 m en juillet 1993. Cependant, la menthe aquatique trahit l'humidité au moins saisonnière de la station.

La transition entre les horizons A et C est progressive, de la matière organique de « diffusion » et de nombreuses racines persistent encore en profondeur. Le sable est ici de plus en plus grossier en profondeur, un décalage granulométrique, suggérant un double apport sédimentaire, se produit entre les horizons A et C.

Ce bas taillis anémomorphosé a été planté dans un but évident de fixation. Le peuplier blanc (diamètre des tiges entre 15 et 70 cm) qualifié d'essence thermophile, mésohygrophile et héliophile est assez résistant à la sécheresse et au vent. Sa régénération est très **problématique**, il n'apparaît pas dans les strates basses ni intermédiaires (fig. 103, annexe 3).

Le fait que nous soyons situés dans la continuité des fourrés dunaires et que nous soyons en présence d'un sol assez riche en bases et en azote expliquent les coefficients de certaines

plantes comme *Sambucus nigra*, *Solanum dulcamara*, *Hippophae rhamnoides*, *Urtica dioica*. La présence de pieds morts d'argousiers n'est pas étonnante, cette situation se rencontre également en forêt. L'espèce très héliophile supporte mal la concurrence, sa notation dans les strates dominées ne peut être qu'éphémère.

Station n° 5: Plantation ancienne

Il s'agit d'une vieille plantation de pin effectuée par les propriétaires Lambert avant la Seconde Guerre mondiale (1937?). Les peupliers mentionnés sur la carte topographique publiée par l'I.G.N. en 1952 sont précisément localisés dans cet endroit.

La strate arborée est marquée par la forte empreinte humaine (fig. 104, annexe 3); la structure n'est que le résultat de l'action de l'homme (déséquilibre des classes d'âge).

La ventilation des plantes ligneuses en fonction de la hauteur montre un violent contraste entre une *strate haute* très recouvrante presque exclusivement dominée par le pin et des *sous-étages* à peine représentés où le résineux disparaît. De nombreuses **plantules de feuillus** sont signalées à moins de 0,5 m: chênes, frênes et érables sont peut-être les signes annonciateurs d'une forêt dans laquelle ces trois essences auraient un rôle physiologique plus important qu'actuellement.

Le relevé floristique est dominé par un nombre important d'espèces hygroclines-neutronitrophiles (*Urtica dioica*, *Galium aparine*, *Primula elatior*...), neutroclines (*Acer pseudoplatanus*, *Prunella vulgaris*, *Crepis capillaris*...) et méso-acidiclines (*Calamagrostis epigejos*, *Lonicera periclymenum*...). De nouveau, des espèces herbacées typiques de la xérosère se diluent en forêt. Mais les espèces forestières sont bien représentées. Le groupe des méso-acidiclines n'est pas en première ligne bien que la litière soit épaisse (aiguilles de pins) et mal décomposée. En fait, la répartition des plantes par groupes d'espèces indicatrices confirme le caractère **subhygrophile** et plutôt **neutrophile** de la station.

Le profil de sol rencontré décrit des horizons A mal différenciés contenant de la matière organique pulvérulente à l'état sec et des racines fines abondantes (fig. 110, annexe 6).

Le premier échantillon prélevé entre 0 et 5 cm montre une CEC élevée liée à la présence de substances colloïdales électronégatives: argile en faible quantité (10 %) et matière organique mal décomposée (C/N supérieur à 30).

La quantité de cations réellement fixés (S/T < 50 %) traduit un complexe adsorbant oligosaturé. Ce taux de saturation, **le plus bas** de tous les échantillons analysés, montre une décarbonatation totale en surface et permet d'affirmer que les cations basiques ne sont pas les seuls présents ici: les ions H⁺ et Al³⁺ doivent forcément exister en quantité notable, leur présence explique la valeur basse de pH enregistrée (pH autour de 5).

Cependant, le dysmoder acide dû à la présence des conifères ne doit pas cacher les potentialités d'une station relativement bonne (présence de nombreuses plantules de feuillus).

La CEC chute rapidement dans l'horizon A₂: la quantité faible d'argile colloïdale associée à des taux de matière organique et de carbone organique environ neuf fois moins

importants dans cet horizon sont les principaux facteurs responsables de cette forte diminution. La conséquence immédiate est la saturation du complexe d'échange malgré les faibles teneurs de calcium.

Le taux de carbone organique très élevé dans les 5 premiers cm du sol est très dépendant de la nature de la végétation: les boisements artificiels à majorité de pins noirs ont constitué dans cette station un tapis d'aiguilles non ou mal décomposées influant fortement la constitution de l'humus et l'orientation de la pédogénèse.

En l'absence de sécheresse estivale, la pauvreté chimique de ce sol est en partie compensée par une bonne alimentation hydrique.

La décarbonatation est complète en surface. Sur ces sables dunaires filtrants, très pauvres en argile et en fer, et portant une végétation plus ou moins acidifiante, la dissolution des carbonates s'effectue assez rapidement, mais pas sur une grande épaisseur de sol (environ 3 % de CaCO_3 dans l'horizon C). La forte épaisseur de la litière est ici un frein à la percolation: bien que la dissolution des carbonates soit active en surface, elle est beaucoup plus lente en profondeur.

Les pins peuvent avoir une croissance gênée par le pH élevé de l'horizon C (> 9). Par ailleurs, leur influence podzolisante (forte épaisseur de la litière, horizon A_2 d'aspect délavé) est appauvrissante pour le sol. L'appauvrissement en surface est important, le départ des bases est net dès 10 cm de profondeur; l'acidification s'effectue et déclenche la podzolisation. Nous pouvons parler de **micropodzols**¹ d'autant plus qu'il s'agit d'une plantation d'avant-guerre. P. Wilson estime que pour des sables peu calcaires, 20 à 90 années suffisent, après le début des plantations de conifères, pour obtenir des micropodzols. Le chercheur nuance ses propos en précisant que le développement des micropodzols sous les dunes n'est pas forcément lié à l'afforestation par les pins (WILSON, 1992).

Cependant, il convient de rappeler que les pins de cette station (*Pinus nigra subsp laricio*) ne fournissent pas des litières aussi acidifiantes que les pinèdes sylvestres intimement inféodées aux sols podzoliques. Toutefois, l'acidification n'est pas strictement liée à la nature de la végétation; c'est un processus naturel qui est la conséquence de la décalcification des sables², phénomène inéluctable mais très lent dans les dunes de Merlimont.

¹ P.D. Jungerius parle de micropodzol pour certaines dunes stabilisées par un couvert végétal arbustif (« Brown dunes ») ou forestier. Les micropodzols se développent en dépit d'un sable calcaire à faible profondeur (JUNGERIUS, 1990).

² E. Fustec-Mathon *et al.* (1967) ont démontré pour les dunes de l'Atlantique que l'acidification des horizons humifères était en rapport avec une certaine dissolution du calcaire. Sous les pins, le pH ne s'abaisse pas en dessous de 6,5 à la Pointe d'Arçay tandis que dans les dunes de Longeville, il varie de 5 à 6 dans l'horizon totalement décalcifié sous l'humus. P. Sturgess a montré que dans certaines dunes britanniques (site de Ainsdale), la baisse du pH ne concernait que les 2 ou 3 cm de sol. La remontée du pH pouvait ensuite être très brutale dès 3/5 cm de profondeur (STURGESS, 1992).

Dans le Nord de la France, M. Hocquette fut l'un des premiers à affirmer que la décalcification était en rapport avec le vieillissement des dunes et avec l'isolement des bancs sableux ou leur soudure avec des cordons plus récents (HOCQUETTE, 1932).

Station n° 6: Aulnaie-Erablaie

Nous sommes ici dans une cuvette à engorgement prolongé; c'est la variante la plus humide de la forêt (cf « *Ligustro-Betuletum hydrocotyletosum* » décrite par J.M.Géhu et J.R.Wattez).

Engorgé pendant environ 6 mois, le sol hydromorphe de cette station forestière (**réductisol sableux à hydromoder**) offre la particularité de présenter un horizon réductique bien marqué favorable au développement des aulnes (fig. 111, annexe 6). L'eau du sol conditionne ici le degré de différenciation du profil, la croissance des plantes et la vitesse de minéralisation.

La morphologie de ce sol résulte d'un excès d'eau prolongé affectant les 50 premiers cm du profil; la forte épaisseur de l'horizon A₁ attribuée à la matière organique constitue un facteur limitant pour la régénération forestière (strates intermédiaires sous-représentées mais en contrepartie bonne représentation de plantules d'espèces ligneuses: *Quercus robur*, *Cornus sanguinea*...). Il n'y a pas de taches de teinte rouille, la saturation par l'eau ne semble donc pas interrompue périodiquement, aucune réoxydation n'est possible.

En hiver et pendant une partie du printemps, nous sommes en situation d'inondation. L'inondation résulte d'une forte montée des eaux qui, à un moment donné, vont véritablement « envoyer » le sol.

Si les sécheresses en été peuvent faire baisser le plan d'eau à plusieurs dizaines de cm de profondeur, le sol de ce type de station n'est desséché qu'assez rarement et toujours pendant des temps très courts. En dehors des périodes d'inondation, c'est à faible profondeur que se situe le niveau piézométrique. Il se produit de multiples variations de la nappe phréatique mais elles sont toujours de faible amplitude.

La libération d'azote minéralisé par les feuilles d'érables et d'aulnes, majoritairement présents dans cette station, explique que le rapport C/N atteigne une valeur optima autour de 10. La litière est peu épaisse et la matière organique, bien qu'abondante, est déjà transformée. Ici, la composition de la matière organique fraîche joue un rôle déterminant dans la vitesse de sa décomposition, processus préalable à la minéralisation. Les composants des litières ne sont pas les mêmes que ceux de la plantation résineuse.

La présence du calcium et surtout la bonne teneur en matière organique à C/N peu élevé confèrent à ce sol une richesse chimique relativement satisfaisante. L'eau de la nappe pauvre en oxygène mais peu acide transporte de nombreux minéraux dissous, notamment des cations. La CEC de l'horizon A₁ est la plus élevée de tous les échantillons analysés. L'aluminium total, en proportion plus importante ici, peut expliquer la valeur de pH enregistrée en dessous de la neutralité (pH de 6,2 à 8 cm). Cette petite **acidité** de surface est confirmée par la présence de *Lonicera periclymenum* dans les strates arbustive et sous-

arbusculaire (1-7 m). Dans la couche hydromorphe (gley)¹, le pH devient alcalin, les valeurs se stabilisent autour de 8 à partir de 20 cm de profondeur. L'état réduit du fer donne une couleur grisâtre et traduit une insuffisance d'aération.

Le caractère paratourbeux net de cette station ne constitue pas un obstacle au développement de l'érable sycomore déjà bien présent dans la plupart des strates (fig. 105, annexe 3); cette essence très **ubiquiste** à Merlimont est peu sensible aux conditions hydriques et très tolérante quant aux variations des teneurs d'humidité dans le sol. Les bouleaux et les trembles sont ici évincés par l'aulne glutineux qui porte encore les stigmates de la Seconde Guerre mondiale (photo 16). Des arbres font leur apparition comme l'orme champêtre (*Ulmus minor*).

L'ambiance très humide de la station est aussi soulignée par le bon recouvrement de plantes hygrophiles (*Hydrocotyle vulgaris*, *Mentha aquatica*, *Salix cinerea*, *Ribes nigrum*). Le développement spontané du groseiller noir (*Ribes nigrum*) est bien révélateur de ces conditions. La douce amère (*Solanum dulcamara*) figure en première place dans la strate basse (< 0,5 m); sa présence ne surprend pas puisqu'elle se rencontre fréquemment dans les aulnaies marécageuses. Le cortège floristique est complété par un groupe de plantes composé majoritairement d'espèces **hygroclines** (*Geranium robertianum*, *Urtica dioica*, *Ulmus minor*) à **mésohydro-neutrophiles** à **acidiclinales** (*Solanum dulcamara*, *Rubus sp...*).

2.2.2.2. Un cas particulier: le « sol » de la forêt d'Ecault

Une bande de sable durci

Dans la forêt d'Ecault (bétulaie), nous avons trouvé sous un jeune arénosol vers 80 cm de profondeur une bande de sable durci enrichie en particules argileuses (15 %), en limon (20 % de limon fin; 15 % de limon grossier) et en hydroxydes de fer et d'aluminium (fig. 112, annexe 6).

La forte teneur en argile et en limon se vérifie facilement sur le terrain par un simple toucher.

Structure pédologique et structure sédimentaire

Ce volume de terre est bien distinct des horizons du sol sus-jacent. Il est caractérisé par des assemblages spécifiques de *couleur* (7,5 YR 4/4), d'*agrégation* (petits agrégats assez résistants à la destruction par pression; forte consistance) et de *porosité*. Ces assemblages constituent des accumulations qui ne semblent pas en rapport avec des redistributions ou des mises en mouvement de particules provenant des horizons sus-jacents. On peut constater une cimentation du sable par des constituants organiques associés à de fortes teneurs d'aluminium et de fer.

¹ Au niveau de la nappe, on constate un éboulement des couches sableuses.

Les limites inférieures et supérieures de cette bande sont très nettes, un certain **litage** est noté (petits lits centimétriques parallèles). En effectuant à proximité de la fosse quelques sondages à la tarière, nous nous sommes aperçus que ce niveau de sable brun consolidé disparaissait latéralement assez rapidement.

Le litage et la composition granulométrique de ce matériel montrent que nous sommes en présence non pas d'un horizon de sol mais d'un dépôt sédimentaire. Le caractère local de cette accumulation peut faire penser par exemple à un dépôt qui témoignerait de l'existence, à une époque ancienne, d'une petite mare. Une analyse palynologique aurait peut-être pu en préciser l'origine.

L'étude stationnelle associant intimement le sol et la végétation peut être complétée par l'observation de quelques données autoécologiques et morphologiques.

2.3. Les apports de l'autoécologie

2.3.1. Une dynamique propre à chaque espèce

La forêt subnaturelle de Merlimont représente un véritable terrain d'élection pour étudier le comportement dynamique de chaque essence (son autécologie ou autoécologie).

Les bouleaux, saules, aulnes et érables sycomores sont des essences pionnières ou opportunistes colonisatrices d'espaces vides. Elles ont des stratégies de conquête *autonomes* et indépendantes de l'action des autres espèces. Le frêne et le chêne pédonculé sont des essences beaucoup plus exigeantes, leur reproduction et multiplication obéissent à deux lois essentielles en interaction cumulative à Merlimont: il faut un *abri protecteur* qui les protège de l'influence des vents (surtout pour le chêne) combiné à l'existence d'une *ambiance forestière tamisée* permettant les germinations et les croissances.

Toute essence est animée d'un comportement particulier. Bien que chaque essence ait un comportement spécifique, celui-ci peut toutefois être modulé en fonction du lieu où elle se trouve. C'est en fonction de ce lieu et de ses caractéristiques écologiques et végétales que l'essence va développer sa propre dynamique spatiale (fig. 87).

2.3.2. Architecture et morphologie forestière

Les bouleaux, majoritairement présents dans la réserve, ne sont pas exploitables: leur tronc est court, noueux, torse; des branches basses poussent à quelques mètres du sol. Des arbres très bas branchus indiquent qu'ils se sont développés en contexte **extra-sylvatique** ou en milieu **très clairié**.

Les vieux bouleaux tout comme certains pins dépérissants présentent un tronc bi ou trifurqué à la base. Parfois de grosses branches maîtresses, dont le diamètre est comparable à celui du tronc, s'infléchissent vers le sol.

Dans certaines parties de la forêt marquées par de sévères conditions d'hydromorphie de surface, les arbres, en particulier les bouleaux, peuvent disposer d'organes végétaux dont la croissance est orientée de manière oblique, plus ou moins proche de l'horizontale. Cette forme particulière de **plagiogéotropisme** affecte les ramifications de certains individus poussant notamment dans des milieux amphibies (asphyxie des horizons superficiels provoquée par la nappe d'eau): les ramifications sont soit rampantes (plagiotropes), soit obliques et font avec la verticale un angle supérieur à 45°. Ces mêmes constatations ont également été notées dans des milieux en voie d'ensablement.

En forêt, l'hétérogénéité structurale est entretenue par la présence des trouées. Ces petites ouvertures de la canopée permettent le renouvellement des générations et l'expression des différentes **phases cycliques**. Les trouées se trouvent réalisées tôt ou tard au cours de la sénescence de l'arbre (chablis, volis, morts sur pied).

En effet, la durée de l'évolution cyclique est liée à celle de la vie de l'arbre jusqu'à sa mort par sénescence. Plusieurs phases se succèdent ¹, cette durée peut être réduite par déracinement, déchaussement ou cassure dû au vent ou aux mauvaises conditions édaphiques. Les phénomènes de crises, de ruptures (chablis) doivent donc être intégrés dans ces évolutions cycliques. Les lianes ligneuses (cf chevrefeuille) s'intègrent fréquemment dans ces phases cycliques.

A Merlimont, nous pouvons trouver sur une dizaine de m² de vieux bouleaux pubescents attaqués par des champignons lignicoles à couronnes plus ou moins mutilées, des arbres sains possédant une large cime et plusieurs branches maîtresses, des jeunes perches très inclinées sous l'effet de la contrainte édaphique (fig. 88).

Lorsqu'une branche meurt naturellement, elle se décompose et sa base est progressivement englobée dans le tronc (bourrelet d'insertion anormalement proéminent). La survie de l'arbre parvenu au terme de la sénescence peut être assurée par le marcottage naturel, l'étalement de quelques branches basses et surtout par le développement des rejets de pied.

La réponse du végétal ligneux aux contraintes du milieu est quelquefois étonnante et spectaculaire, la morphologie particulière de certains systèmes racinaires le démontre bien ² (photo 17). La distribution des diamètres de troncs à hauteur de poitrine (1m 30), souvent indicatrice de la répartition des âges, montre donc une grande diversité (fig. 88).

¹ Au cours de la vie de l'arbre, plusieurs phases se succèdent: phase de régénération, de développement, de maturité, de sénescence, de rajeunissement...

² Les adaptations morphologiques des tiges arborescentes aux contraintes sévères du milieu sont courantes en milieu tempéré, notamment en situation d'hydromorphie (voir à ce sujet: PALIERNE, 1969, 1988, 1992).

2.4. Conclusions

2.4.1. Une étude stationnelle aux multiples enseignements

Bien que la forêt littorale de Merlimont soit apparentée classiquement à une bétulaie, l'analyse structurale et floristique de la végétation montre qu'il existe en fait un grand nombre de situations stationnelles ¹ et une réelle **diversité** des essences.

Même sans intervention humaine, le couvert forestier, vu de l'intérieur, est hétérogène. Pour la strate haute, les coefficients d'abondance-dominance changent fréquemment; la densité est très variable et la compétition entre les individus est forte. La dynamique ligneuse peut se manifester dans l'espace aérien sous la forme d'une compétition intraspécifique (cf **jeune bétulaie**) ou interspécifique. A Merlimont, le forestier n'intervient pas dans cette dynamique, il ne peut pas « avantager » ou favoriser la croissance d'une essence par rapport à une autre.

Souvent, les arbres sont peu représentés dans les strates intermédiaires. En effet, si on prend l'exemple du **chêne pédonculé**, on constate que celui-ci n'est présent qu'à l'état de plantule dans trois stations forestières. Comment expliquer ce fait: jeunesse de la forêt ou facteur(s) de blocage de la croissance ?

Les bouleaux qui s'installent sur des substrats très pauvres enrichissent le sol, réorientent les potentialités forestières et sont donc favorables à l'arrivée d'autres essences plus exigeantes (notamment ces plantules de chêne). Cependant, cette modification du milieu peut également être interprétée en terme de diminution de ressources, c'est-à-dire que les espèces se remplacent en fonction de la capacité à exploiter un niveau de ressource de plus en plus faible. Dans le cas présent, dans les secteurs les plus denses de la forêt, la baisse de la lumière qui arrive dans le sous-bois, consécutive à la fermeture de la voûte forestière, n'est pas un facteur favorable à la croissance des jeunes plantules de chêne. Pour cette essence, le besoin de lumière augmente avec l'âge: les quelques individus présents vont survivre en sous-bois mais ne grandissent qu'à la faveur d'une éclaircie. Ce facteur de blocage peut donc expliquer l'absence du chêne pédonculé dans les **strates sous-arbustives et arbustives** de la forêt. Des compensations entre facteurs pédologiques et facteurs microclimatiques aboutissant à une résultante commune pourront peut-être satisfaire dans l'avenir les besoins vitaux de ces jeunes chênes et permettre l'épanouissement de cette essence dans la forêt ².

¹ Il serait souhaitable de compléter dans l'avenir ces relevés pédologiques et floristiques par une analyse fine des conditions stationnelles (microclimat, bilan hydrique des sols, évapotranspiration...). Les bilans hydriques (réserve utile...) (cf HOUZARD, 1985 et GRANIER *et al.*, 1995) sont particulièrement importants.

² Le développement des chênes sur sable de dune fixée est possible. Aux Pays-Bas, le chêne est courant bien qu'il soit quelquefois planté (BARKMAN, 1974; EHRENBURG *et al.*, 1992).

Quelques arbres ont une apparition très épisodique en forêt. Leur présence montre l'existence de micromilieus très spécifiques ¹. L'arbre le plus ancien de la forêt semble bien être un **tilleul** à larges feuilles au tronc impressionnant; étant donné la forte valeur symbolique du tilleul, celui-ci a pu être planté. La rareté de l'**orme** peut être due à la jeunesse du boisement et donc à l'absence d'un véritable sol forestier. La maladie de l'orme est également à prendre en compte. Le schéma présenté dans la figure (fig. 89) en décrit une station dans une cuvette humide (profil en long sur 10 m de large).

Des liens dynamiques existent entre les plantes herbacées et les plantes ligneuses. En effet, des plantes herbacées sociales sont capables d'envahir rapidement le terrain par multiplication végétative. C'est le cas de *Calamagrostis epigejos* qui peut rapidement former à Merlimont des peuplements très denses. Cette plante pionnière en milieu mésotrophe à oligotrophe s'oppose à la survie des jeunes plants par le développement et le feutrage de ses rhizomes. La graminée a un effet double: non seulement elle recouvre le sol d'un tapis dense et empêche toute régénération forestière, mais elle capte aussi l'eau et les substances nutritives qui sont nécessaires à la germination des jeunes arbres.

Des facteurs faunistiques peuvent également jouer un rôle important dans le dynamisme de la végétation: en dédaignant les jeunes plantules de bouleaux ou d'érables alors qu'ils en consomment d'autres, les lapins favorisent une extension incontrôlée de ces essences qui deviennent dominantes dans la physionomie des paysages (cf **bétulaie-tremblaie et lisière orientale**).

Enfin, la végétation donne des indications sur les caractéristiques trophiques et hydriques des sols. Mais c'est surtout la strate herbacée qui renseigne sur les caractères de surface du sol.

Tout comme la végétation, le sol est affecté d'une dynamique à la fois dans l'espace et dans le temps.

Les variations *spatiales* sont indéniables; quelques mètres suffisent pour donner des différences dans les profils. Le caractère ponctuel de la fosse pédologique est en liaison avec les conditions écologiques particulières de la station.

Les variations *temporelles* sont de deux types:

- les variations saisonnnières (variations des niveaux piézométriques, de la température, de l'humidité et de l'activité biologique des sols).

Ces variations impriment leur marque sur les profils (épaisseur et couleur des horizons), orientent la pédogénèse et influencent les comportements hydrologiques et mécaniques des sols;

- les variations ou modifications progressives;

¹ Bel exemple de surface fractale (DE FOUCAULT, 1985).

C'est l'évolution du sol qui, selon ses caractères, se fait plus ou moins rapidement. Pour nos profils, nous avons remarqué plusieurs degrés d'évolutions; par exemple, le sol de la jeune bétulaie présente, d'après l'analyse des caractéristiques morphologiques et analytiques de ses horizons, un profil moins évolué que celui de la bétulaie-tremblaie. L'homme peut modifier l'évolution de nombreux caractères morphologiques (cf plantation résineuse).

2.4.2. Les scénarios du futur

Il semble que la physionomie actuelle de la forêt en grande partie naturelle soit appelée, du fait notamment de la richesse en plantes ligneuses, à se transformer rapidement. En dehors des situations écologiques extrêmes où il y a un blocage de la dynamique, beaucoup de secteurs forestiers sont enclins à connaître des changements.

Il est tout à fait hors de question d'affirmer que cette forêt littorale a atteint son « état final », mûre, qui ne serait plus susceptible d'évoluer par la suite. La composition de chacune des strates de la végétation est appelée à être remise en question constamment par des *changements naturels* d'origines et d'échelles variées et par les *interventions humaines*. Le bouleau possède, en tant qu'espèce pionnière, une amplitude écologique très large en l'absence de concurrence. La venue des autres essences (frêne, érable, chêne, orme...) et leur développement ultérieur pourront certainement dans l'avenir l'éliminer petit à petit de certaines stations où il avait pu s'installer (fig. 90).

Salix cinerea joue, pour reprendre la terminologie de K. FALINSKA (1991), un rôle « d'espèce-promoteur dans l'initiation de la série de successions conduisant à la forêt ». *Salix purpurea subsp. Lambertiana* est également présent. Sans le fauchage régulier, les saules ne formeraient bientôt qu'un vaste ensemble, lui-même rapidement gagné par les bouleaux, les peupliers, les aulnes, suivis des frênes, chênes, ormes et érables... Cette succession correspond bien à celle observée en milieu alluvial (voir par exemple CARBIENER *et al.*, 1988): forêt pionnière à bois tendre (saules), forêt mixte (peupliers, bouleaux, ormes), forêt mûre à bois durs (chênes, ormes, frênes).

Le « *Ligustro-Betuletum* » a été défini en phytosociologie comme l'association qui correspond à l'étape ultime de la succession géobotanique. Synonyme de groupement climacique, cette association met en jeu le concept phytosociologique de série dynamique. Pour ce site de Merlimont, une définition biogéographique du concept de climax¹ pose quelques difficultés.

La végétation forestière n'est pas encore arrivée à son terme et il est difficile de savoir quel sera précisément ce terme. Il apparaît clair que la localisation des saules en position avancée dans la dépression et la situation plus mésophile d'une partie de la forêt ne signifient pas qu'on a atteint le point d'équilibre. Comme le montre l'existence du *Ligustro-Betuletum*

¹ D'ailleurs le concept de climax, postulant à la fois des notions de stabilité et de dynamisme, est sujet à beaucoup de discussions et à des remises en question (ARNOULD, 1991; *supra*, chapitre II, A. / 1.).

hydrocotyletosum (GEHU *et al.*, 1978), la forêt peut encore progresser en situation hydrophile, notamment à la faveur de quelques années de sécheresse.

Mais il s'avère bien délicat de proposer des schémas d'évolution car des espèces introduites (érables, peupliers...) se sont adaptées et jouent un rôle dans la dynamique des milieux. En l'absence d'intervention humaine, leur distribution actuelle dépend de leur autoécologie, de leur propre logique dynamique et des conditions offertes par les stations.

Toutefois, quelques **indices d'ancienneté**¹ de cette forêt sont à noter. Des arguments d'ordre structural révèlent la complexité de son *architecture verticale* associant différentes strates où une essence peut se retrouver tantôt dominée, tantôt dominante; expriment sa *diversité latérale* qui semblent en mosaïque des végétaux ligneux selon les chablis, les clairières ou les variantes édaphiques ou microtopographiques; montrent enfin en son sein et sur ses marges (lisière orientale) des *évolutions cycliques* grâce au bouleau qui intervient dans toutes les classes d'âge en participant aux différentes étapes de la sylvigénèse.

Afin d'illustrer la mosaïque paysagère et de mieux spatialiser les différents types de dynamique rencontrés, nous avons entrepris de réaliser plusieurs cartographies dans la Réserve Biologique Domaniale et ses abords immédiats.

3. Les représentations cartographiques de la dynamique

3.1. Essai de cartographie de l'occupation de la végétation et du milieu dans le massif dunaire de Berck-Merlimont

Cette cartographie découle de l'observation directe de la végétation actuelle (annexe 9).

Nous avons retenu **quatre secteurs** de dimensions voisines pour lesquels nous disposons d'une bonne connaissance de terrain. Nous avons opté pour le calque d'interprétation et non pour la cartographie d'ensemble, et ceci pour différentes raisons:

- les problèmes des distorsions géométriques.

Ces distorsions sont inhérentes à la géométrie de la prise de vue, à la nature du terrain rencontré (effets du relief) ou à la mise en projection cartographique. Aussi, l'ensemble des photographies aériennes mis à notre disposition forme un mosaïquage et non un orthophotoplan². Les échelles et les orientations sont différentes d'un cliché à l'autre, une mise en géométrie est nécessaire pour rendre superposables les photographies aux cartes topographiques;

¹ J.M. Géhu a proposé dans une note différents critères d'ordre dendrologique, structural, phytosociologique...pour apprécier l'ancienneté des forêts (GEHU *et al.*, 1986).

² Un orthophotoplan est une mosaïque totalement positionnée et rectifiée (LAURINI *et al.*, 1993).

- le temps de travail.

Réaliser une cartographie d'ensemble du site avec pour objectif d'aboutir à une carte finale à une échelle voisine du 1/5000 e aurait demandé dans un premier temps de travailler séparément sur une douzaine de photographies (avec à l'appui des relevés de terrain supplémentaires) et dans un second temps de s'atteler à un travail difficile et fastidieux d'assemblage des différents calques d'interprétation;

- le choix d'une cartographie non exhaustive.

Le but n'était pas de représenter toutes les unités de végétation et toute la complexité de leur agencement. La carte de F. Duhamel proposait déjà une typologie fine des complexes d'habitats. L'objectif n'était pas de faire ici un inventaire mais plutôt d'axer le travail sur la reconnaissance des géofaciès tout en donnant quelques indications sur la dynamique de la végétation ligneuse.

C'est une cartographie à base physionomique qui repose sur la représentation d'unités de végétation répondant à des critères analytiques simples.

Les principaux critères sont les espèces végétales dominantes, l'organisation spatiale et la structure de la végétation, enfin la nature et le degré de l'intervention humaine.

Nous posons comme principe que le massif dunaire étudié forme un seul géosystème dunaire. Nous avons défini et classé pour l'ensemble du massif différents géofaciès qui sont les fractions constitutives de ce géosystème. En privilégiant l'élément végétal dans la définition des géofaciès, il est possible d'en distinguer quatre grandes catégories: dunaires, arbustifs, pré-forestiers et forestiers.

Les géofaciès dunaires

Ces géofaciès sont liés à la xérosère ou à l'hygrosère dunaire.

Dans le premier cas, il s'agit de dune vive, de dune à oyat et de fourrés dunaires monospécifiques (domination de l'argousier et du sureau).

Dans le second cas, ce sont des pannes de petites tailles¹ dominées par une végétation hygrophile de joncacées et de cypéracées. Ces pannes, souvent de dimension décamétrique, viennent former des géotopes endogènes.

¹ Le nom de panne définit ici des dépressions *intradunaires* de faible dimension où l'eau séjourne la majeure partie de l'année. En effet, les dunes du cordon externe sont caractérisées par une suite d'ondulations d'ordre métrique à décamétrique constamment remaniées par les vents dominants.

Ces ondulations déterminent une topographie très chaotique faite d'alternances de « buttes » (petite éminence de sable coiffée par les oyats ou les espèces caractéristiques des fourrés) et de creux qui peuvent être que de simples trous d'eau ou présenter une superficie plus importante (de l'ordre de la centaine de m²). Ces creux délimitent des dépressions intradunaires de petite taille inondées de décembre à juillet.

Les végétaux inféodés à ces pannes ont une localisation qui est étroitement conditionnée par la hauteur du plan d'eau: les variations du niveau piézométrique sont essentielles pour comprendre la disposition très enchevêtrée des végétaux depuis les hydrophytes toujours immergés jusqu'aux espèces caractéristiques des fourrés hygrophiles paratourbeux.

Les pannes intradunaires constituent des *sites abrités* toujours favorables à une dynamique ligneuse. Une frange ligneuse s'installe généralement sur leur pourtour; les arbustes se rencontrent isolément ou en

Suite de la note page suivante

Les géofaciès arbustifs

La végétation de ces géofaciès est celle de fourrés dont la composition floristique est variable.

Deux cas peuvent être envisagés: le fourré hygrophile dominé par le saule cendré (1-3 m de hauteur) développé dans les pannes très abritées et le haut fourré dunaire plurispécifique (grande variété des arbustes) beaucoup mieux représenté que le précédent.

Les géofaciès pré-forestiers

Plusieurs types sont à distinguer.

Il peut s'agir d'un bas taillis arborescent assez fermé en position d'abri développé sur des topographies planes ou légèrement déprimées où l'écoulement est malaisé. La strate arborée (*Alnus glutinosa*, *Salix cinerea*, *Populus tremula*) est basse (environ 7 m) et peu façonnée par les vents marins. Les pousses sont jeunes, le tronc est souvent divisé à la base en de multiples perches de 20 à 30 cm de diamètre.

D'autres géofaciès se rencontrent; parmi tous les taillis poussant très difficilement sur des sols le plus souvent fortement hydromorphes, celui à saule cendré est très représentatif mais il n'est pas exclusif. En effet, en position pré-forestière, les saules sont souvent accompagnés par les autres essences pionnières (bouleaux, trembles, aulnes...). Il est fréquent de trouver dans la végétation de ces milieux une part prépondérante de pins plantés dans les années 1976-1982. Ces pins très malingres composent une strate arbustive de 4 à 6 m de hauteur envahie par les arbustes feuillus (photo 18).

Ces géofaciès réunis ne forment pas un boisement aussi continu que la forêt. Aussi, des ouvertures apparaissent et viennent constituer d'autres géofaciès¹. Ces derniers ne sont plus dominés par la végétation ligneuse et prennent des formes variées: pré mésohygrophile, marais alcalin, zone inondable (secteur de nidification des mouettes avec végétations amphibies eutrophisées).

Les géofaciès forestiers

Ils sont représentés par des taillis ou des futaies irrégulières poussant sur des sols mal drainés hydromorphes (fort battement de la nappe phréatique).

Physionomiquement, ces géofaciès se distinguent assez clairement des géofaciès pré-forestiers en ce sens que la strate arborée, d'inégale hauteur, domine toujours dans les pyramides.

groupe, en ordre serré. Les trembles, organisés en « petits massifs », semblent se maintenir et se régénérer plus facilement que les autres essences apparaissant isolément.

¹ Et/ou occasionnellement des géotopes lorsqu'on se situe à un rang inférieur (superficie plus faible).

Ils peuvent être rassemblés en deux groupes: ceux aux essences variées (mélange feuillus spontanés / feuillus plantés) à la croissance modérée et ceux dont les arbres plus jeunes, à majorité spontanés, croissent de façon plus rapide.

Au **premier groupe** doivent se rattacher les plantations anciennes (*Populus nigra ssp nigra*, *Pinus nigra ssp laricio*...) et les parties forestières « mixtes » (amalgame essences plantées/essences spontanées: *Populus nigra ssp nigra*, *Acer pseudoplatanus*, *Populus alba*, *Fraxinus excelsior*, *Betula pubescens*, *Populus tremula*...) dont certaines figurent déjà sur les clichés photographiques de 1947. Les plantations diverses ont constitué une première étape au cours de laquelle la forêt a continué à évoluer. Cette évolution a mené à une formation arborescente dont les principaux constituants diffèrent de ceux du stade terminal habituellement reconnu à la fin de l'évolution de la végétation des dunes.

Dans le **deuxième groupe**, il faut ranger le taillis à bouleau pubescent (« *Ligustro-Betuletum* ») et les autres taillis composés d'essences variées (aulnes, érables, trembles...).

Les géofaciès forestiers ou pré-forestiers comportent des variations secondaires de plus faible extension que l'on peut nommer géotopes endogènes, fractions constituantes de ces géofaciès. Ces géotopes sont des prairies marécageuses, des clairières paratourbeuses (domination des plantes herbacées, jonc et carex en particulier) ou des clairières mésohygrophiles (*Calamagrostis epigejos*, *Holcus lanatus*...).

A l'intérieur du massif, des géotopes exogènes sont également possibles. Ceux-ci correspondent à différentes formes d'intervention humaine et constituent des « accrocs » dans les géofaciès. Il n'y a pas forcément de rapport ou de continuité entre le géotope et le géofaciès dans lequel il s'inscrit.

3.2. Commentaire des calques d'interprétation

Cette mission au 1/5000^{e 1} évite les confusions et les problèmes d'interprétation rencontrés sur des missions panchromatiques à des échelles voisines du 1/20000 ou du 1/25000.

Les « couleurs naturelles » sont ici plus proches de la réalité du terrain que le noir et blanc de la photographie panchromatique, notre vision reposant avant tout sur la perception des couleurs.

A cette échelle, le niveau d'organisation spatiale change: on entre dans le détail, des dichotomies non visibles sur des échelles plus petites apparaissent comme la distinction de plusieurs types de clairière suivant un gradient d'humidité des sols. Le niveau informatif est supérieur à celui fourni par l'imagerie satellitale; le plus petit élément de surface cartographié à cette échelle voisine du 1/5000 fait 10 m de côté (2 mm sur le papier).

¹ Echelle approximative (variation suivant les clichés).

La date des clichés (15 mai 1994) est intéressante pour étudier l'hydrologie de surface: les mares de chasse d'origine artificielle, les pannes intradunaires et les éléments linéaires (fossés de drainage) se distinguent facilement. Le mois de mai montre bien l'omniprésence de l'eau dans la dépression interdunaire (taches noires de dimensions variées). Cette dépression dunaire qui apparaissait, au vue de l'examen des différents clichés panchromatiques, comme un espace monotone presque indifférencié est ici marquée par toute une nuance de coloris.

Nous nous sommes surtout basés sur les différences de *teintes* pour trouver les limites adéquates entre chacun des géofaciès et des géotopes. Pour l'étude particulière des milieux forestiers, le *grain* de la photographie exprimant la rugosité de surface (toit de la canopée) peut être analysé avec profit.

La bonne qualité de la mission permet non seulement de localiser et de délimiter des unités paysagères mais également de fournir quelques précisions sur ces unités. Par exemple, pour les jeunes boisements effectués par l'O.N.F., la variété des teintes (vert au brun foncé) donne la possibilité de mieux apprécier la mixité feuillus/résineux et de distinguer pour les résineux différentes classes d'âge et de densité. Nous n'avons pas fait ces distinctions pour ne pas trop alourdir les cartographies. Cependant, les teintes et leur degré de saturation ne sont pas toujours faciles à interpréter: il est clair que pour la végétation ligneuse, l'analyse ne peut pas être affinée au-delà du groupe d'espèces; la détermination d'un bouquet de peupliers dans une bétulaie n'est pas réalisable. De plus, la date de la mission n'est guère favorable à une bonne classification en raison du plein épanouissement foliaire et de la forte activité chlorophyllienne de la plupart des essences à cette époque. La gamme des teintes vertes ne permet pas de faire une réelle distinction entre les feuillus, elle reflète davantage des différences de **densité** et de **structure** (taillis-sous-futaie, futaie inéquienne...) entre les espèces ou les groupes d'espèces.

A partir de certains clichés, nous avons tenté de faire une localisation des principaux secteurs où se manifestent les différentes dynamiques de la végétation ligneuse. Les changements progressifs dans la structure et la composition des formations végétales sont la traduction d'un gradient géographique ou spatial matérialisé par les limites fondamentales du biotome de l'arbre et de l'écotone de la forêt.

Force est de constater que les cartes réalisées montrent l'importance des secteurs entrouverts et des clairières en forêt. Les clairières constituent des milieux très composites où le fort recouvrement de la strate herbacée n'empêche pas une reconquête de la végétation ligneuse. Cette stratégie de **fermeture** est assez bien visible sur les clichés photographiques: des cercles et des auréoles verdâtres se détachent d'un fond beaucoup plus sombre.

Dans les clairières paratourbeuses, de légères nuances microtopographiques peuvent induire des variantes édaphiques et une différenciation très fine de faciès. Les parties légèrement surélevées sont favorables au calamagrostis et au saule rampant tandis que les creux forment des milieux amphibies à forte contrainte édaphique et défavorables à la croissance des arbres.

Certaines clairières sont d'anciennes cultures à gibier. Sur les clichés, la détermination de ces zones s'appuie plus sur la reconnaissance d'une **forme** (surface rectangulaire) que sur une teinte dominante (généralement brun à jaune pâle).

Le niveau de précision atteint par l'analyse de cette couverture de photographies aériennes est de loin supérieur à celui que peut fournir un agrandissement d'une scène Spot sur le même secteur d'étude. Ces photographies aériennes constituent le meilleur outil pour réaliser une cartographie: elles sont représentatives de la **situation actuelle**, montre les **aménagements du passé** et s'avèrent excellentes dans la détermination des **dynamiques spatiales**.

En s'écartant de l'aspect strictement végétal, il est également tout à fait possible d'utiliser les clichés pour tous les travaux de typologie ou d'inventaire, par exemple, en géomorphologie, faire un classement exhaustif de toutes les formes de déflation ou d'accumulation rencontrées dans les dunes.

L'étude synchronique n'insiste pas sur le facteur **temps**, si important en biogéographie.

Il ne s'agit pas d'épiloguer sur cet aspect mais simplement de préciser un point important relatif à cette notion du temps.

Dans toute étude biogéographique, la variabilité des échelles est fondamentale. Les phénomènes de dynamique forestière se déroulent à des pas de temps variés.

L'approche **diachronique** (analyse des vieux plans cadastraux, documents d'archives, travail de photo-interprétation) avait pour but de préciser les principales variations de l'utilisation du sol et de donner quelques repères chronologiques pour estimer la durée des processus évolutifs.

L'examen **synchronique** a permis par les observations de terrain de donner quelques schémas relatifs au fonctionnement et à la dynamique d'ensemble de la végétation ligneuse. Les investigations menées à des saisons différentes nous ont fait surtout prendre conscience que les milieux dunaires sont très sensibles aux modifications inter ou intra annuelles des paramètres climatiques, biologiques ou humains. Une « année à lapin » ou une « année à forte pluie » peut avoir des conséquences immédiates et parfois irréversibles sur le devenir de tel ou tel type de végétation. Aussi, une bonne compréhension de ces schémas dynamiques impose un retour au passé: le temps court ou passé récent doit être intégré dans l'analyse pour affiner l'interprétation de ces schémas.

B. L'APPROCHE TEMPORELLE

1. Les variations climatiques et bioclimatiques

1.1. Paramètres bioclimatiques et indices fondés sur les bilans hydriques des sol

C'est par la combinaison des conditions climatiques et pédologiques que peuvent être calculés des bilans hydriques.

L'énergie disponible induit la valeur théorique de l'évapotranspiration ou *évapotranspiration potentielle* (ETP). Cette énergie est fonction du bilan radiatif et du vent. Mais il faut savoir que le type de végétation¹ intervient sur ces différents paramètres et peut donc modifier les valeurs de l'ETP. Différentes formules ont été proposées pour le calcul de l'ETP, celle que nous avons choisie (formule de Penman) tient compte du paramètre advectif (vent) particulièrement sensible sur le littoral.

Les disponibilités *hydriques* du sol vont déterminer les quantités d'eau réellement évaporées ou *évapotranspiration réelle* (ETR). Ces quantités vont dépendre du type de matériau pédologique (épaisseur, texture, structure) et du volume de sol colonisé par les racines (profondeur utile du sol).

La différence entre la consommation idéale (ETP) et la consommation effective (ETR) exprime la *déficience d'évaporation* (= D.E.) ou le *déficit hydrique absolu* (= D) (HOUZARD, 1985).

Lorsque les trois paramètres exposés sont connus (ETP, ETR, D.E.), la *sécheresse* peut être appréciée en utilisant la typologie présentée par J.Mounier². Cette méthode a déjà été utilisée en biogéographie forestière (PRUVOST, 1982).

La réserve utile du sol (réserve facilement utilisable = R.F.U.) est fixée à **80 mm**. Ce choix arbitraire de 80 mm est justifié par la texture sableuse des sols à faible capacité de rétention et par l'ambiance humide de la forêt (forte humidité atmosphérique du littoral, fossés de drainage...). L'évolution de cette réserve utile (R.F.U.) est calculée par la formule: $R_0 \cdot e^{(P-ETP) \cdot 0,00503}$ où R_0 est l'état de la R.F.U. à la fin du mois précédent (d'après Thornthwaite).

¹ Dans son calcul de l'évapotranspiration potentielle, M.Thornthwaite ne tient pas compte de la nature de la végétation, ce qui a donné lieu à de vives critiques (MOINDROT, 1959). D'une manière générale, l'E.T.P. est plus élevée en forêt que dans tout autre type de couvert végétal. En effet, la forêt présente des potentialités d'utilisation du sol plus importantes que celles d'une autre formation végétale. La forêt va donc évaporer davantage qu'un autre couvert végétal moins profondément enraciné (AUSSENAC, 1993; COSANDREY, 1995) encore qu'il faille nuancer en différenciant les évapotranspirations des différents étages de la stratification. Par ailleurs, l'évaporation et la transpiration de la végétation varient en fonction du microclimat, de l'espèce végétale et du stade de croissance.

² Le classement des mois va surtout dépendre de la valeur de la déficience d'évaporation. Cinq classes ont été distinguées (voir fig. 91) (MOUNIER, 1977).

Les **indices bioclimatiques** présentés par G.Houzard (1984) se fondent sur l'alimentation en eau et sur les bilans hydriques des sols; ils sont calculés pour la seule période d'activité végétale, les mois retenus doivent impérativement présenter une température moyenne supérieure ou égale à 7°C.

L'indice des *potentialités bioclimatiques* (I.P.B.)¹ est donné par:

$IPB = \sqrt{ETR \cdot (ETR - DE)}$. Afin de définir le bioclimat régional, I.P.B. est associé au *déficit hydrique relatif*² avec $D_{relatif} = \frac{ETP - ETR}{ETP} \cdot 100 (\%)$.

ETP

Le classement bioclimatique peut être complété en utilisant l'indice semestriel d'aridité de P.Georges³ défini par:

$$A_s = \frac{\text{Somme des pluies d'avril à septembre} \times 2}{T^\circ \text{ moyenne d'avril à septembre} + 10}$$

Comme le signale G.Houzard, les stations littorales présentent des potentialités forestières très **modestes** (I.P.B. inférieur à 400 voire 300) et accusent fréquemment des **déficits marqués** ($D_{relatif}$) dépassant 25 %. Les côtes atlantiques subissent un déclassement relatif: l'I.P.B., avec une ETP calculée selon la méthode de Turc (excluant le vent) s'effondre à moins de 300 aux abords de la chênaie verte laté-méditerranéenne de Jard-sur-mer en Vendée, mais ne dépasse pas 379 au cap Fréhel et 447 à Lorient.

D'autres chercheurs ont travaillé sur ces questions bioclimatiques. W.H. Verheye a proposé une estimation rapide et théorique du régime hydrique du sol. En posant comme principe que le régime hydrique d'un sol définit l'état d'humidité de la zone racinaire durant une période déterminée, W.H. Verheye a défini ce régime hydrique par la durée de la période où la pluviométrie mensuelle est supérieure à la moitié de l'évapotranspiration potentielle mensuelle⁴ (VERHEYE, 1991).

1.2. Variabilité interannuelle de la sécheresse au Touquet-Paris-Plage

1.2.1. L'évolution décennale (1983-1992)

Les valeurs des variables bioclimatiques (ETP, ETR, RU) établies pour la période 1983-1992 et leur confrontation avec les apports en eau résultant des précipitations permettent de suivre mois par mois l'évolution du bilan hydrique de la station climatique (fig. 92).

Les courbes représentant les variations mensuelles de l'ETP et des précipitations ne connaissent pas la même évolution.

¹ Des classes de productivité potentielle ont été définies par G.Houzard; les potentialités sont faibles lorsque les valeurs de I.P.B. sont inférieures à 400.

² Le biofaciès est subsec si $D_{relatif}$ est compris entre 20 et 25, sec si $D_{relatif}$ se situe entre 25 et 30 et très sec pour des % supérieurs à 30.

³ Un indice bas (≈ 20) correspond à un bioclimat soumis à une certaine sécheresse.

⁴ Pour cet auteur, le début, la durée et la fin de la période où le sol est humide est donnée par: $P + RU > 0,5$ ETP.

Les pluies tombent surtout au cours de la saison hivernale et au printemps au moment où l'ETP reste faible. Il y a excédent des précipitations, l'eau ruisselle et reconstitue la réserve hydrique du sol, 80 mm dans les conditions les plus favorables. Cependant, la capacité du sol peut être dépassée (drainage) et cet excès d'eau est perdu car l'eau ne participe pas à l'alimentation des essences caducifoliées encore privées de feuilles (repos végétatif).

A partir d'avril-mai, l'évolution s'inverse, il y a **déficit pluviométrique** ($ETP > P$) et **déficience d'évaporation** car l'ETR devient inférieure à l'ETP. Début avril, l'ETP, importante, s'effectue aux dépens de RU. La réserve hydrique du sol devient sérieusement entamée à partir du mois de mai. Les deux courbes de l'ETP et de l'ETR suivent globalement la même évolution mais avec une nette différence dans les valeurs. Ces deux courbes s'infléchissent au mois d'août alors que RU atteint son minimum.

Pour l'ensemble des années étudiées, l'humidité et même l'hyper-humidité dominant en hiver et en automne.

La sécheresse se manifeste souvent très tôt dès les mois d'avril/mai voire même en mars où une faible déficience d'évaporation est possible (1986). C'est un fait caractéristique du milieu littoral: la forte insolation sur la bande côtière et la plus grande fréquence des vents violents induisent des valeurs d'ETP plus élevées. De plus, le faible pouvoir tampon du sol à faible réserve utile se traduit par une plus grande précocité du déficit hydrique.

1.2.2. Une succession d'années sèches

Les années où l'ETR s'abaisse fortement par rapport à l'ETP sont des années où l'alimentation en eau est très déficiente (fig. 93).

Ces années sèches sont peu favorables à un bon fonctionnement hydrique des arbres et créent des situations de stress hydrique.

Un déficit hydrique prolongé constitue surtout un obstacle sérieux à l'alimentation hydrique de la jeune plantule encore handicapée par un développement racinaire encore insuffisant.

Une sécheresse saisonnière existe toujours sauf en 1987. Elle peut être très courte (1 mois en 1985, 1988 et 1991) ou beaucoup plus longue (4 mois en 1989). Quatre années comptent trois mois successifs de mois secs ou subsecs: 1983, 1984, 1986 et 1989. Les **sécheresses prolongées** (couple de deux années sèches avec au moins trois mois secs ou subsecs) ne sont pas rares; elles se reproduisent à deux reprises dans notre décennie: 1983-1984 et 1989-1990.

Nous avons apprécié cet effet cumul des mois secs ou subsecs sur la période 1989-1991 (fig. 94). Si l'année 1991 paraît peu sèche, elle est l'une des rares de notre série à n'enregistrer que cinq mois hyperhumides. Au cours de ces trois années, treize mois sont affectés par une déficience d'évaporation.

Le diagramme présentant le bilan hydrique nous offre la possibilité de préciser le régime hydrique du sol selon la méthode de W.H. Verheye. Le début de la période correspond au moment de l'année où $P > 0,5 ETP$ (septembre), la fin arrive à la date où la valeur critique $0,5 ETP > P$ est atteinte (ici le mois de mai en raison de la sécheresse printanière).

Les courbes de l'évapotranspiration montrent des évolutions divergeantes à partir du mois d'avril. Alors que l'ETP atteint son maximum, l'ETR s'abaisse rapidement à partir du mois de juillet. Déjà un creux de l'ETR s'était manifesté au mois de mai alors que dans le même temps s'observait un pic de l'ETP.

Les indices bioclimatiques reflètent bien cet état de sécheresse, I.P.B. est très bas et D_{relatif} exprime un biofaciès très sec.

La période de référence (1983-1992) est bien sûr très courte et il faudrait un nombre beaucoup plus important d'années (40-50 ans) pour pouvoir dégager des tendances et relever, à l'aide des fluctuations climatiques, de véritables périodes sèches coupées ou encadrées par des périodes plus humides. Cependant, ces dix années étudiées montre bien que l'écosystème forestier doit faire face à un ou plusieurs mois secs pratiquement chaque année et qu'il y a bien une **récurrence** des sécheresses prolongées.

Si les sécheresses sont suffisamment fortes et durables, elles amènent un dysfonctionnement de la forêt. Mais les répercussions de l'après sécheresse ne sont pas toujours immédiates, les effets sont parfois latents ou différés.

Sur le littoral, d'autres perturbations climatiques sont possibles (tempête, inondation, gel...). Certaines d'entre elles peuvent avoir des répercussions brutales sur le fonctionnement physiologique des arbres.

1.3. Crises et accidents climatiques

1.3.1. L'exemple des gels sévères de l'hiver 1985

La vague de froid de l'hiver 1985, d'une forte intensité (minima très creusés en janvier) et d'une durée inhabituelle, a affecté plus particulièrement les peuplements de **pin maritime** du littoral.

Nous avons montré, dans une précédente étude (PETIT-BERGHEM, 1992), que les mois de janvier, février et mars 1985 constituaient des mois très froids avec des écarts aux moyennes importants ($-4,8^{\circ}$ pour les minima; $-3,6^{\circ}$ pour les maxima par exemple en janvier) et des minima absolus exceptionnels pour la frange littorale ($-12,2^{\circ}$ le 17 janvier, $-9,6^{\circ}$ les 12 et 13 février).

Ces moments d'extrême tension pour les végétaux ligneux sont la manifestation d'une petite crise climatique en ce sens qu'il y a eu brutalement dérèglement du métabolisme puis mort subite ou détérioration sérieuse de la santé des arbres (avec des perturbations sur le rythme de croissance).

Dans le **massif d'Ecault**, le froid a frappé préférentiellement toute la lisière forestière et les sites les plus exposés (peuplements clairs ou installés sur des buttes).

Pour beaucoup de praticiens de la forêt, cette période de froid intense correspond aussi au déclenchement du syndrome du dépérissement du pin maritime. Le processus s'est ensuite

accéléral du fait de la conjonction de plusieurs facteurs aggravants (sécheresses répétées, armillaire, sylviculture ou absence de sylviculture...) ¹.

En considérant le pas de temps saisonnier ou annuel, nous pouvons donc dire que les forêts dunaires sont exposées à un certain nombre d'aléas climatiques en plus des facteurs climatiques permanents liés à l'ambiance littorale.

Les conséquences pour la végétation ligneuse sont soit immédiates (gel), soit plus lentes et insidieuses (sécheresse). Dans ce dernier cas, il existe toujours un délai « d'inertie » ou « temps de réponse » de la végétation.

1.3.2. Des cycles courts aux effets pervers

Les facteurs climatiques et leur variabilité interviennent donc dans le fonctionnement des écosystèmes forestiers. La forêt est très sensible à cette variabilité et elle doit y faire face constamment.

Au-delà d'un certain seuil de tolérance, les écarts thermiques ou pluviométriques provoquent des dysfonctionnements qui peuvent être fatales pour la végétation ligneuse (cf gel).

Les cycles courts, annuels ou saisonniers, ont donc autant d'importance que les cycles longs (dizaine d'années, siècle). L'**évolution durable** doit être distinguée des **fluctuations naturelles périodiques**.

A **Merlimont**, les trois années sèches (1989, 1990, 1991) ont eu des répercussions sur le fonctionnement physiologique des arbres (défoliation ou jaunissement des feuilles de certains bouleaux) et sur l'alimentation en eau des pannes (déficit hydrique relatif autour de 30 % au Touquet ² responsable de l'assèchement des pannes et de l'absence de la colonie de mouettes rieuses dans la dépression). Elles ont favorisé l'extension de l'argousier au détriment des groupements classiques de l'hygrosère dunaire. Les pluies abondantes de l'hiver et du printemps 1993-1994, en prolongeant beaucoup la période d'inondation des pannes, ont retardé la reprise de la végétation et peut-être provoqué le dépérissement de certains fourrés d'argousiers envahis de chenilles. En revanche, les taillis pré-forestiers de saules cendrés de la plaine interdunaire ont été moins affectés, bien que la réapparition de plantes hygrophiles des bas-marais alcalins ait été notée dans certaines pannes inondées jusqu'en juin 1994 (HENDOUX, 1994).

Au même titre que le climat, les aménagements et la gestion opérés par l'homme transforment rapidement les massifs dunaires et les paysages forestiers. Mais ici, l'homme oriente l'évolution et ne la subit pas. Il peut couper ou créer artificiellement des parcelles de

¹ Généralement, les chercheurs dissocient les facteurs prédisposants (climat régional, sol), déclenchants (sécheresse, gel) et aggravants (insectes, parasites) pour expliquer le processus de dépérissement des arbres littoraux (GARREC, 1994; HARTMANN, 1991; LANDMANN, 1988 et 1994; NAGELEISEN *et al.*, 1994; PIOUS, 1994).

² Cf figure 94

forêts. Les transformations sont radicales (arrachage des plantes, coupes rases...) ou plus ménagées (fauche induisant des déviations eutrophes...).

Avec le temps, les pratiques ont évolué. Le territoire de la garenne, jadis exclusivement réservé pour la chasse, est devenu plurifonctionnel et les intérêts en jeu sont désormais multiples. L'homme créateur ou destructeur est devenu progressivement conservateur. Dans la plupart des forêts littorales, il y a eu évolution des fonctions et surtout évolution des objectifs.

Dans les lignes qui vont suivre, il importera de se pencher sur ces questions d'aménagements et de conceptions de la nature. Nous verrons que ces dernières sont à relier avec la dimension sociale du paysage car elles dépendent avant tout des projections sociales ou individuelles qui sont elles-mêmes fonction de la représentation que l'on se fait du territoire.

2. L'évolution des pratiques humaines

La dernière crise en date, majeure pour les paysages dunaires, correspond à la **Seconde Guerre mondiale**.

Les dégâts consécutifs à cette guerre, illustrés à plusieurs reprises sur les clichés photographiques, ont fait renaître les inquiétudes et les interrogations d'antan. Remettre en état les dunes, combattre les mouvements de sable et surtout reconstruire un paysage forestier dont la construction avait demandé tant d'effort et d'abnégation, tels furent les premiers impératifs.

En conséquence, on comprend l'exigence extrême d'une politique de reboisement dès 1945. Aux plantations qui en découlèrent (surtout le pin) répondait une volonté commune; l'Etat contribua même à la reconstitution des boisements par l'intermédiaire du **Fonds Forestier National** à partir de 1946.

Mais, à la forêt considérée comme protectrice du milieu et garante de la stabilité des dunes s'est petit à petit substituée, devant l'évolution des demandes, des mentalités ou des pratiques humaines, la forêt multi-rôles ou multi-fonctions capable de réunir en un tout et surtout d'intégrer diversité biologique, divertissement ou fonction éducative.

2.1. Une mainmise croissante de l'homme sur les dunes et les milieux forestiers

2.1.1. Attractivité croissante et conflits d'utilisation de l'espace dans les dunes et les forêts littorales

Le littoral est, par nature, une interface physique, un espace géographique complexe. Progressivement, l'attractivité croissante du littoral va induire de nombreux **conflits d'usage** dans l'espace (fig. 95). Des études ont montré que ces conflits se sont

développés après 1945 pour vraiment s'amplifier à partir des années 1970 (BANTEGNIES *et al.*, 1982; BONNART *et al.*, 1982; BOUSQUET *et al.*, 1990; CORLAY, 1995; DESFORGES, 1996; DEWAILLY, 1984; DOUMENGE *et al.*, 1996; DUHAMEL *et al.*, 1992; FRIEDBERG, 1992 b; GOELDNER, 1993 a; HUBERT *et al.*, 1992; LENGLOS *et al.*, 1988; MASSOUD *et al.*, 1994; MIOSSEC, 1990; POINSOT *et al.*, 1979; RENARD, 1984; YELLES, 1993).

La diversité des groupes sociaux en présence donc des intérêts, des représentations et des jugements génèrent des pratiques et des stratégies spatiales variées souvent non convergentes.

Contradictions et conflits sont alimentés par les oppositions entre les groupes sociaux bien enracinés allant de « l'autochtone » très attaché à son environnement naturel au chasseur-conservateur ayant encore une conception passéiste du milieu et les groupes sociaux nouvellement arrivés, à la recherche d'un ancrage et aux projets souvent ambitieux (aménageurs, publicitaires, promoteurs...). Aussi, la gestion locale mono-usage des garennes du Moyen Age¹ se transforme progressivement en une gestion globale multi-usages des dunes et des forêts littorales.

Bien que la législation littorale soit très ancienne, elle progresse surtout au cours des années 1970. C'est aussi (et enfin!) la prise de conscience de la régression des espaces dunaires et du modèle productiviste des années 1950-1960: l'exiguïté du littoral impose que soient prises des mesures sévères de **protection** et de **sauvegarde du milieu**. La protection ne va pas de pair avec l'urbanisation, l'artificialisation ou une fréquentation touristique mal contrôlée.

2.1.2. Une protection du littoral renforcée

Le Nord est une région pionnière et pilote en matière de protection de l'environnement (MEUR-FEREC, 1995). Grâce à une politique foncière très dynamique², le littoral de la Côte d'Opale est arrivé en première place, en pourcentage d'acquisition, par rapport à l'ensemble du linéaire côtier³. Le rôle de l'Etat et des collectivités territoriales ou locales n'a fait qu'augmenter au fil des années.

Le **conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres** est le premier véritable outil de protection du littoral.

Né en 1975, le conservatoire s'est associé aux départements pour racheter de nombreux terrains dans les dunes ou créer des zones de préemption. Le conservatoire a la dure fonction de protéger les massifs dunaires tout en les ouvrant au public (ARNAUD, 1993 et

¹ Au Moyen Age, aménager une forêt littorale (garenne) se résumait à couper quelques arbres pour les besoins en bois de feu du seigneur ou de la population locale. La forêt d'Hardelot est une exception.

² Cette politique coïncide d'ailleurs aujourd'hui avec celle de l'Union Européenne. Plus au nord, les dunes de la côte flamande sont également entièrement protégées (décret de 1993) (BOUVEROUX, 1996).

³ Entre la baie de Somme et la frontière belge, 30 % du linéaire côtier a été acquis par le conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres.

1995; CONSERVATOIRE DE L'ESPACE LITTORAL ET DES RIVAGES LACUSTRES, 1995 a et b; LECLERCQ, 1986). Lorsque les acquisitions sont faites, les sites sont réhabilités (création de chemins d'accès, aménagements d'accueil, fixation de la dune) avant d'être présentés au public.

Les « garennes de Lornel » situées à proximité d'Etaples sont la première acquisition du conservatoire en 1975.

Lorsque les sites sont acquis et réhabilités, il faut assurer un suivi permanent et donc les gérer. Dans le département du Pas-de-Calais, c'est surtout le **conseil général** qui assure la responsabilité technique et financière de la gestion. Cependant, le conseil général s'appuie depuis quelques années sur de nombreux partenaires comme l'**Etat** (conservatoire, Office National des Forêts), la **région** (Espace Naturel Régional en 1978 remplacé par l'association EDEN 62 ¹ en novembre 1993) ou les communes. Il ne faut pas oublier les **initiatives privées** et notamment l'association Nord Nature apparue en 1971.

Dans le département de la Somme, l'action du conservatoire de l'Espace Littoral est complétée par celle du **syndicat mixte pour l'aménagement de la Côte Picarde** (S.M.A.C.O.P.I.) ².

Le Marquenterre reste encore en partie privé mais quelques secteurs ont fait l'objet d'interventions foncières (Dune aux Loups, Grande Dune, Pointe de St-Quentin) et le conseil général a défini, dans le cadre de la législation sur les périmètres sensibles, plus de 3000 ha de zones de préemption.

Les travaux de restauration sont réalisés sous la maîtrise d'oeuvre de la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de la Somme. Pour l'entretien et le gardiennage des sites, des conventions ont été signées entre le syndicat mixte et des particuliers (propriétaires privés, sociétés de chasses locales, groupements forestiers) en contrepartie d'un droit de chasse limité.

J.C. Cornette, directeur du S.M.A.C.O.P.I., pense qu'une bonne gestion doit être un compromis entre la *non intervention* (éviter à tout prix l'artificialisation des milieux, ne pas enrayer les mouvements de sable qui relèvent de processus naturels) et l'*intervention* (réinstallation de la flore naturelle ou rajeunissement des panes par le débroussaillage).

Sur le plan de la gestion des essences forestières, le **pin maritime** est éliminé petit à petit dans les propriétés du conservatoire du Pas-de-Calais alors qu'il est remis en place progressivement dans d'autres départements français comme par exemple les Charentes Maritimes.

La pinède des dunes du Marquenterre est exploitée non pas pour produire du bois d'oeuvre de qualité mais simplement pour compléter les travaux de réhabilitation sur les sites gérés par le syndicat mixte: les dépressages fournissent les rondins de bois pour mettre en place des clôtures ou des remparts en bordure de côte. Les déchets d'écorçage servent à la stabilisation des chemins dans les dunes.

¹ Espaces Départementaux Naturels.

² SYNDICAT MIXTE POUR L'AMENAGEMENT DE LA COTE PICARDE, 1990. Côte picarde 1980/1990. 10 ans pour préserver l'environnement, 15 p.

La loi « Littoral » du 3 janvier 1986 et ses décrets d'application de septembre 1989 fixent un cadre juridique un peu plus précis pour la protection du littoral (GOELDNER, 1993 b). Elle prévoit la protection d'éléments remarquables qu'ils aient une valeur paysagère ou une importance biologique comme les dunes ou les forêts littorales (CHAUVET *et al.*, 1993).

Depuis quelques années, les collectivités locales travaillent à la mise en compatibilité des Plans d'Occupation des Sols (P.O.S.) avec la loi « Littoral » et ses décrets (articles L 146-6 du code de l'urbanisme). La remise en question d'un P.O.S. n'est pas forcément un bon choix. Dans la révision du P.O.S. de la commune du Touquet, la nouvelle charte d'organisation du territoire touquettois prévoit de préserver les secteurs boisés en forêt mais favorise en contrepartie la réalisation d'un troisième golf de 18 trous dans la Z.N.I.E.F.F.¹ La mise en compatibilité est longue mais porte parfois ses fruits: en 1993, le projet d'une base de loisirs en bordure de la forêt d'Ecault par la société belge « Sunparks », dénoncé par Nord Nature, a été abandonné car déclaré non compatible avec l'article L 146-6 du code de l'urbanisme.

Il existe d'autres possibilités pour protéger les boisements dunaires ou des secteurs de dune de valeur patrimoniale et notamment la **directive européenne « Habitats »** qui s'attache à renforcer la protection d'espèces et d'habitats rares ou menacés.

Aujourd'hui, il existe un certain consensus sur la nécessité d'une politique de protection. C'est important qu'il y ait une concertation entre les différentes structures gestionnaires avant de prendre des décisions d'autant plus que tout aménagement réalisé dans les dunes en dehors de la forêt peut avoir des répercussions sur cette dernière. La tendance est de ne plus raisonner en fonction d'une unité foncière mais en fonction d'une unité paysagère ou écologique (cf contrat Life sur Merlimont).

En outre, les conceptions des différents gestionnaires sur la manière de penser ou de gérer la dune et la forêt ne sont plus autant divergeantes qu'il y a encore quelques années. Les récentes manifestations à Bordeaux (séminaire « Biodiversité et protection dunaire » d'avril 1996) et à Paris (ateliers du conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres de juin 1996), auxquelles j'ai participé, ont montré qu'un consensus se dégagait sur certains points (cf mobilité des dunes²) et que les regards portés par les scientifiques, les praticiens ou par les organismes publics ou privés n'étaient pas forcément différents.

Cependant, même s'il faut se réjouir de telles manifestations, l'opiniâtreté de certaines discussions montre qu'il n'est pas toujours facile de lever des interdictions ou de rompre avec certaines traditions. Le fractionnement de l'espace (morcellement foncier) et la multiplicité des intervenants ne rendent pas les choses faciles. Toute personne, qu'elle soit physique (propriétaire privé) ou morale (collectivités territoriales...) a sa manière de penser et sa manière d'agir.

¹ Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique.

² Voir notamment deux articles récents publiés lors de ces manifestations (PASKOFF, 1996 a; VAN DER MEULEN, 1996).

2.2. Aménagement et gestion forestière

2.2.1. *Les forêts domaniales*

L'O.N.F. n'a pas pour mission première la protection des espaces « naturels ». Dans les forêts domaniales, les directives et objectifs de gestion sont planifiés dans un document: l'Aménagement Forestier. La politique forestière de l'O.N.F. s'est infléchie depuis quelques années, la sacro-sainte rentabilité économique n'est plus d'actualité¹.

Pour les forêts bénéficiant du régime forestier (propriétés des collectivités locales ou des établissements publics), la fonction de protection des **biotopes forestiers** et des **espèces animales et végétales** est prise en compte dans le plan de gestion.

Le caractère plurifonctionnel de l'espace forestier est reconnu, la gestion doit intégrer les différentes attentes de la société². Dans les forêts domaniales, la fréquentation est importante; le public a une forte demande de protection mais souhaite tout de même que les sites soient aménagés³. Une forêt littorale du domaine public orientée vers la fonction de loisir garde donc une certaine artificialité: la forêt est aménagée dans un but de satisfaction des besoins humains.

Dans la forêt domaniale d'Ecault, les forestiers essayent de concilier les fonctions de protection, de production et d'accueil du public. Obtenir de belles grumes commercialisables n'est pas l'objectif prioritaire des forestiers. Il n'est plus question, comme par le passé, de vouloir rechercher à implanter ou à maintenir une forêt en situation trop avancée. Le dépérissement des pins maritimes en lisière de forêt depuis une dizaine d'années est suffisant pour rappeler à la raison les sylviculteurs trop téméraires.

Dans le massif d'Ecault, les interventions sylvicoles restent limitées, les produits extraits des coupes sont difficilement vendus. Dépressages, élagages et éclaircies sont pratiqués afin d'assurer la bonne santé des peuplements. Les coupes rases sont évitées. Lorsque les reprises naturelles font défaut, la régénération artificielle est pratiquée. Les forestiers sont en faveur d'une certaine diversité paysagère: sylviculture plus fine⁴ de type « jardinatoire », peuplements mixtes...

La forêt doit faire face à une fréquentation importante tout au long de l'année. Accueillir le public suppose en contrepartie de l'informer et de contrôler la fréquentation.

¹ Voir à ce sujet la synthèse récente de l'O.N.F. (OFFICE NATIONAL DES FORETS, 1996).

² Pour intégrer sur le long terme ces différentes attentes, on parle de plus en plus de gestion durable des milieux forestiers (BARTET, 1996; FAVENNEC, 1995; GADANT, 1994).

³ Un massif dunaire boisé naturellement n'attire pas le villégiateur ou l'estivant, car, en dépit de son caractère sauvage, il donne une impression de désordre et d'insécurité. En fait, les sociétés littorales et les touristes de passage recherchent plutôt une illusion du sauvage; c'est-à-dire une nature sans risque, accessible, aseptisée, mais sans signe humain très apparent. Cette demande très forte explique la « surnaturation » et donc l'artificialité de beaucoup de forêts dunaires: les forêts sont plus vraies que nature (cas des boisements du Marquenterre).

⁴ Voir les notes de J.P. Le Duc (1983) et de G. Sperber (1990).

La protection paysagère est un objectif important (arboretum). Des arbres exotiques, encore de qualité exceptionnelle (chêne vert, chêne tauzin...), subsistent. Afin de préserver ces espèces, il peut être prescrit l'élimination des espèces envahissantes qui pourraient les concurrencer.

Les forêts soumises au régime forestier se distinguent nettement des forêts privées du littoral dunaire. Pour ces dernières, les réglementations sont plus floues et le petit propriétaire est souvent libre de mener « sa forêt » comme il l'entend. Cependant, dans les propriétés d'une contenance supérieure à 25 ha, l'aménagement est précisé par un Plan Simple de Gestion rendu obligatoire.

2.2.2. Les forêts privées

Les forêts privées de la frange dunaire sont à dominante **résineuse**, en particulier au sud de la baie d'Authie. Mais les peuplements monospécifiques de pins sont peu fréquents. Tout comme en forêt domaniale, la place est faite aux feuillus.

Dans les propriétés de plus de 25 ha, un Plan Simple de Gestion est établi. Pour son élaboration, le propriétaire reçoit souvent l'aide d'un technicien forestier qui le conseille dans les méthodes et les choix d'aménagement. Mais les directives des plans de gestion sont rarement appliquées strictement, l'imprévisibilité de certains facteurs ou la difficulté du propriétaire à se plier aux contraintes du plan retardent souvent les travaux.

Certaines de ces forêts ont bénéficié des subventions du Fonds Forestier National sous forme de subventions en espèces ou en nature ou même de prêts à faible taux.

Quelques dunes boisées appartenant à des particuliers ont été aménagées spécialement pour la **pratique de la chasse au gibier d'eau** (propriétés de Mr Auguié et de Mr Lacroix). Une « chasse d'amis » est pratiquée; les aménagements cynégétiques ont consisté à développer des cultures à gibier ou à creuser artificiellement des plans d'eau avec huttes de chasse.

Les propriétaires entretiennent différents types de relations avec leur forêt. La plupart d'entre eux maintiennent un capital de production résineuse: le pin laricio, seconde essence plantée en France ¹, est souvent prioritaire dans les reboisements.

La *perception* que les propriétaires ont de leur forêt est extrêmement variable; cette perception dépend en grande partie de l'acquis culturel de chacun. C'est en rencontrant directement les propriétaires ou en consultant les Plans Simples de Gestion (DESCAMPS, 1984; DUTRIEUX, 1982; HUBERT, 1995; LACROIX, 1980 et 1991; LORTHIOIS-TIBERGHEN, 1986; LOUVEGNIES, 1989; VASSEUR, 1982) que l'on se rend compte de la pluralité des situations.

Pour beaucoup de propriétaires, il y a confusion entre l'arbre, le bel arbre! et la forêt. Ils conçoivent la forêt comme un parc constitué d'un ensemble d'arbres répondant à des critères esthétiques et non biologiques: grandeur, rectitude du fût, équilibre des formes. Un arbre creux ou un chablis n'est pas synonyme de beauté et de réussite. C'est le mythe de

¹ Information datée de 1992 (DUREL, 1992).

l'arbre sain qui prime. Dans ce cas, la forêt que l'on apprécie n'a rien à voir avec la vraie forêt.

D'autres propriétaires optent pour une forêt mal entretenue, laissent libre court à la dynamique naturelle ou adoptent une sylviculture légère proche de la nature. Dans ce cas, la forêt ne donne pas une image d'immuabilité mais de changement, de diversité.

L'intérêt porté à la forêt et les capacités d'intervention varient en fonction du vécu de chacun: milieu d'origine, culture, connaissances forestières.

Certains propriétaires qui ont hérité de leur domaine ne s'intéressent pas à leur forêt, ils ne la gèrent pas ou très peu et la gardent uniquement parce qu'elle fait partie de leur patrimoine. Imitant A.J.B. Daloz, ils ont encore une vision « rousseauiste »¹ de la nature et ne touchent pas à un seul de leurs arbres.

D'autres propriétaires interviennent en pratiquant quelques petites opérations. La vente n'est pas l'objectif prioritaire bien que certains forestiers soient désireux de rechercher des produits de bonne qualité². Il paraît illusoire de miser tout sur la rentabilité. Parfois les coupes ne sont pas réalisées à cause du manque de moyen ou des difficultés du débardage. La sylviculture pratiquée n'est donc pas intensive; les éclaircies sont prudentes et progressives. La commercialisation ne sert simplement qu'à compenser les charges d'entretien et d'amélioration, les « petits bois » sont écoulables à un échelon local. Même si la fonction d'accueil n'existe pas, les objectifs de gestion sont **multiples**: lutte contre l'érosion, maintien d'un site agréable propice à la détente, production ligneuse...

La forêt du Touquet appartenant au « Touquet Syndicat Limited » est la seule forêt du littoral où l'accueil du public est toléré. En 1989 est établi un Plan Simple de Gestion des espaces forestiers par convention avec la D.D.A.F. du Pas-de-Calais et l'O.N.F. (MASSET, 1990).

Bien que les résineux soient toujours favorisés³, les peuplements de la série feuillue sont aussi gérés dynamiquement. Les taillis à base de chêne pédonculé, rouvre ou hêtre sont nettoyés puis exploités. Le but est d'irrégulariser progressivement l'ensemble des peuplements.

La tradition d'A.J.B. Daloz est toujours présente dans l'esprit des aménageurs qui n'hésitent pas à faire de **nouvelles expérimentations**: introduction d'essences feuillues précieuses (frêne, merisier, chêne rouge d'Amérique) ou d'essences exotiques originales (cèdre de l'Atlas, mélèze, chêne vert, pin parasol...).

La nouvelle charte d'organisation du territoire touquettois prévoit de préserver les secteurs boisés en forêt, y compris dans les zones constructibles.

Les forêts privées constituent donc des espaces forestiers peu connus et diversement entretenus. Les propositions d'aménagement, lorsqu'elles émanent d'un technicien forestier, ne restent que des propositions: libre au propriétaire de les appliquer ou pas. Finalement,

¹ Expression chère à J. Douheret (DOUHERET, 1995).

² Dans la propriété de Mr Auguié (Mt St-Frieux), le but est de produire des pins de 200 cm de circonférence et des frênes et des érables de 160 cm.

³ Amorcer la régénération du pin maritime ou favoriser la régénération du pin laricio de Corse dans les parties les plus dépérissantes.

c'est la politique du libre choix qui domine: à chacun sa forêt et à chacun sa manière de la conserver et de l'aménager.

Lorsque les forêts s'inscrivent dans des espaces protégés comme les Réserves Biologiques Domaniales, les réglementations se précisent car il ne s'agit pas de laisser faire n'importe quoi.

2.2.3. La Réserve Biologique Domaniale de Merlimont

Il convient de gérer une Réserve Biologique Domaniale dans un souci de protection de la nature (BALLU, 1983; DAL, 1986; GUILLON, 1981; SERGEANT, 1986; VERBEKE, 1990). Il est envisagé dans le futur plan d'aménagement de mener une gestion de **conservation** ou de **restauration** du milieu. Déjà le classement en Réserve Biologique interdit tout accès au site. Seuls quelques ayants droits (forestiers, chasseurs, scientifiques...) sont autorisés à le fréquenter. Quelques visites guidées sont organisées en été afin d'informer et de sensibiliser le public.

Concernant l'**activité cynégétique**, la position de l'O.N.F. est assez ambiguë. L'Office maintient la chasse car il touche les droits payés par les chasseurs. Certes, cette activité ancestrale contribue à la régulation des populations animales mais cause dans le même temps certains préjudices (cf eutrophisation, banalisation); elle est bien souvent difficilement compatible avec les principes d'une bonne gestion patrimoniale du milieu.

Laisser évoluer naturellement la végétation permet d'avoir de remarquables gradients de la mer vers l'intérieur des dunes.

Dans la réserve, des zones de **non intervention** sont nécessaires, ceci afin de laisser s'exprimer la dynamique naturelle. De plus, une « zone tampon » sans influence humaine permet l'adaptation plus facile de la végétation aux contraintes du milieu.

Mais l'absence d'intervention n'est pas toujours le bon choix dans une Réserve Biologique. Le classement du site ne doit pas aller à l'encontre d'une certaine forme d'intervention humaine si l'on veut sauver la pérennité de quelques habitats très riches sur le plan de leur biodiversité. La carte des complexes d'habitats de F. Duhamel a permis de déterminer des zones d'intérêts floristiques prioritaires qu'il conviendra de protéger.

Le futur plan de gestion prévoit des interventions légères notamment dans certains secteurs de pannes envahis par l'argousier ou le saule cendré. Pour s'opposer à la fermeture naturelle du milieu dans la dépression centrale, il est question d'éliminer judicieusement les éléments végétaux indésirables (couper les saules cendrés) et de pratiquer une fauche régulière des prairies ou des bas-marais dunaires avec exportation des résidus hors du site. Ces interventions sont importantes car beaucoup de plantes sont dépendantes d'une influence humaine.

En forêt, l'évolution de la végétation feuillue ne doit pas être entravée par les *plantations résineuses*. Il est important de ne plus faire de plantations de pins même à l'extérieur de la réserve comme ce fut le cas encore récemment. Les pins introduits entre 1976 et 1982 n'ont guère la possibilité de donner du produit de bonne qualité: leur *élimination progressive* est planifiée dans le plan d'aménagement. Dans les parties pré-

forestières très perturbées par les plantations résineuses, il faut amorcer la reconstitution des fourrés protecteurs de la forêt.

Cependant, il subsiste dans la réserve une **vieille pinède claire de pin laricio** très intéressante sur le plan de ses caractéristiques écologiques (micropodzol) et paysagères (cf étude stationnelle). Cette plantation d'avant-guerre, peu envahie par les feuillus, mérite une attention toute particulière: la garder, c'est protéger un paysage hérité des pratiques du passé, c'est aussi conserver un type de sol bien spécifique et c'est enfin analyser sa capacité de « résistance » face à la dynamique des feuillus.

Le contrat Life a permis de mener sur plusieurs années toute une série d'études thématiques sur le site. Il paraît nécessaire de poursuivre ces études et de faire de cette réserve un véritable laboratoire de recherche pour les universitaires et les praticiens de la forêt. Ainsi pourra progresser la connaissance par l'observation scientifique. Un suivi de la végétation est envisagé (méthode des quadrats), des études complémentaires en pédologie sont en cours (institut de géologie de Ghent).

3. Conclusion: des séquences évolutives très courtes et des objectifs souvent réorientés

Tout le morcellement foncier actuel des dunes littorales ainsi que les pressions et les conflits de différente nature qui l'accompagnent reflètent le temps court de l'histoire régionale.

Les évolutions récentes des massifs dunaires et des forêts littorales qui leur sont associées sont modelées par **le jeu des pratiques humaines**, lui-même largement dépendant de la perception, de l'imaginaire ou du vécu des différents acteurs économiques et sociaux du littoral.

Beaucoup de forêts littorales ont changé de physionomie au cours de ces dix dernières années. Les sécheresses successives ont condamné de nombreux pins maritimes déjà bien affaiblis. Les forestiers ont dû s'adapter à cette situation. Les plantations de pins, encore très en vogue dans les années 1950-1970, ne sont plus d'actualité. La politique sylvicole est plus souple, le pin laricio, longtemps considéré comme une essence de production, n'est plus autant « choyé » par les sylviculteurs.

Les objectifs évoluent rapidement. Pour préserver le rôle protecteur de la dune et la biodiversité, il convient de maintenir **l'arrêt définitif** du boisement des pelouses arrière-dunaires de la xérosère ou des panes de l'hygrosère. Coûteux, ces boisements ne se justifient plus d'autant plus que les habitats en question font partis des priorités de protection et de conservation de la directive européenne « Habitats » de 1992.

Actuellement, le conservatoire de l'Espace Littoral tout comme l'O.N.F. aident à la reprise de la forêt naturelle mixte au détriment des résineux introduits. Cependant, la dynamique naturelle feuillue peut poser problème notamment quand elle se manifeste dans des fonds humides et qu'elle va à l'encontre du maintien d'une certaine biodiversité (cf Réserve Biologique Domaniale).

Les derniers ateliers du conservatoire ont permis de dégager un large consensus sur la nécessité de laisser une grande place aux processus naturels et à la dynamique spontanée. Comme l'a souligné à ces ateliers F. Van der Meulen, professeur d'écologie du paysage à l'université d'Amsterdam, il faut composer ou collaborer avec la nature et ne plus chercher à la maîtriser.

CONCLUSION GENERALE

Peu de réflexions biogéographiques ont été consacrées au littoral dunaire. La dynamique des ligneux et des milieux forestiers a constitué le thème majeur de nos travaux. En effet, nos recherches n'avaient pas pour objet d'étudier la végétation littorale dans son ensemble mais d'aborder plus précisément la **végétation ligneuse**.

Avant de nous engager dans la réalisation de cette thèse, nous avons déjà remarqué, à la lecture des travaux antérieurs, qu'étudier la forêt ou l'arbre ne représentait pas d'intérêt en soi: on se préoccupait plus de la flore littorale, de la plante rare ou de l'habitat menacé que de la végétation forestière. La plupart des études sur la végétation littorale menées généralement par des naturalistes et par une seule approche thématique ou sectorielle réalisaient donc des inventaires floristiques, parfois très détaillés, qui pouvaient déboucher sur des mesures concrètes de gestion et de protection. L'arbre était simplement relevé mais on ne s'interrogeait pas toujours sur les motifs de sa présence. Bien plus que la plante herbacée, le végétal ligneux porte en lui une forte empreinte humaine, et c'est peut-être pour cette raison qu'il n'attirait pas les chercheurs.

La combinaison des variables **naturalistes** et **historiques** et l'évolution du **rapport Homme/Nature** ont constitué le fil conducteur de nos recherches.

Au départ, l'homme s'est adapté à la nature car il n'avait pas le choix: les conditions naturelles s'imposaient nécessairement à lui et déterminaient les conditions mêmes de son existence.

Certes, la fixation au moyen de l'oyat commença très tôt, mais la dune, cette « contrée désagréable », suscitait peur, méfiance et découragement. L'espace dunaire générait une infinité d'images négatives, suscitait parfois des mythes qu'il faut se garder d'oublier. A cette époque, la dune représentait donc un espace dont la spécificité résultait essentiellement d'un **fait de nature**: la présence de l'interface terre-mer au contact entre l'hydrosphère marine et la lithosphère terrestre.

La fin du XVIII^{ème} siècle marque une période charnière. Dans le contexte climatique du « Petit Age Glaciaire », la dune progresse sans répit et provoque des catastrophes, mais les hommes prennent enfin conscience de son extension et leurs perceptions changent à son égard. C'est à partir de ce moment qu'ils ont recherché à la contenir, à la maîtriser. Les travaux de fixation ont redoublé d'importance suivis tout naturellement par les premières tentatives de boisement. C'est alors que l'histoire des techniques a rejoint celle des paysages. Milieu de l'extrême, de la marge, la dune s'est alors intégrée à un espace côtier qui s'est de plus en plus socialisé sous l'effet de facteurs endogènes et exogènes (initiatives privées, rôle de l'Etat...).

Au cours du temps, la végétation ligneuse a donc évolué, d'une part, en fonction du milieu, de ses potentialités diverses et de ses fortes contraintes physiques, et d'autre part, en

fonction d'une combinaison de facteurs qui relèvent de la société et des pratiques sociales. Malgré l'importance des facteurs physiques, qui appellent une adaptation de la végétation, les paysages végétaux actuels, et plus spécialement forestiers, restent le miroir de la société. Nous pensons que le poids du facteur social et de l'héritage culturel et social des représentations de la nature est déterminant dans la dynamique forestière.

Le paysage dunaire actuel est un donc un héritage, un mélange de nature et de culture, du présent et du passé.

Pour saisir ce paysage dans sa globalité et observer les états successifs des dunes et des couvertures végétales, nous avons fréquemment eu recours aux **images géographiques**.

Chaque image a ses valeurs sémiologiques qu'il faut déchiffrer et est porteuse d'un sens dans un contexte culturel et social particulier.

Ces images se sont présentées sous différentes formes depuis les cartes anciennes dès le XVI^{ème} siècle jusqu'aux images-satellites des années 1990. Les peintres ont également fournis au XIX^{ème} siècle d'autres images géographiques très expressives par la représentation des paysages dunaires souvent réels, rarement imaginaires. Les photographies aériennes ont donné grâce à la stéréoscopie une profondeur aux images et des perspectives étonnantes.

Les méthodes d'approche des paysages forestiers ont changé en fonction de l'échelle choisie. Avec ce changement constant d'échelle ont varié la nature et la quantité des informations que l'on a pu recueillir.

Le travail de terrain a permis de bien mettre en valeur des emboîtements successifs d'espaces, des stratégies de conquête spatiale. La perception du dedans a dévoilé des dichotomies non visibles à partir d'un premier travail à distance. A ce niveau, le milieu physique a eu autant d'importance que le vivant. Bien que privilégiant la végétation ligneuse, l'étude stationnelle a disséqué chaque strate de la forêt en montrant les interactions avec le sol. A Merlimont, il semble que la diversité des situations soit en partie liée au sol qui présente dans ce milieu un degré d'hydromorphie variable. Nous avons insisté, peut-être trop, sur cette variable sol, si importante en biologie.

Pour expliquer la diversité des états actuels, nous nous sommes référés au temps court et aux transformations récentes, naturelles (cf données édaphiques et bioclimatiques stationnelles) et humaines (aménagement, gestion).

L'enquête de terrain a abordé le paysage vécu, perçu et l'imaginaire des propriétaires de forêt. Cette approche a permis d'approfondir la connaissance du littoral et de mieux comprendre la complexité des boisements actuels.

A l'échelon supérieur (photographie aérienne, image-satellite), le regard a embrassé une plus grande surface en percevant surtout des structures et des maillages. Feuillus et résineux ont été dissociés.

Une échelle encore plus remontante (cartes anciennes, textes...) fut davantage réductrice; elle a montré l'espace dunaire dans son ensemble et la manière dont cet espace a été perçu et représenté avec le temps. A ce niveau, la végétation fut rarement décrite mais plutôt détectée ou suggérée (par exemple, par le toponyme). A très petite échelle (*supra*, chapitre III, B. et C.), les déterminants naturels et physiques se sont exprimés avec force.

La plupart des forêts dunaires localisées entre Boulogne-sur-mer et la baie de Somme sont **jeunes**, elles ne sont pas antérieures au XIX^{ème} siècle. Aujourd'hui, mosaïques ou kaléidoscopes, ces forêts littorales sont riches de leur diversité sans cesse renouvelée.

Ecosystèmes entre Nature et Société, construites puis modifiées par l'homme en fonction des besoins changeants, ces forêts, totalement artificielles au départ, ont eu tendance à « s'ensauvager » avec le temps. En effet, l'afforestation, outre le fait qu'elle a transformé radicalement un paysage, a permis à des espèces indigènes d'apparaître ou de prendre pied plus fermement sur les cordons.

La « Nature » créée par l'homme n'est pas neutre et figée dans l'espace: bienveillante au départ, elle a peu à peu entraîné de nouvelles dynamiques spatiales et modifié l'écologie des dunes. Le ligneux **salvateur** s'est transformé en ligneux **destructeur**: le développement de la végétation ligneuse s'est accompagné de la disparition des plantes rares de l'hygrosère dunaire. Les plantations se sont trouvées à la longue inadaptées au milieu océanique, elles ont dégradé la valeur écologique des dunes.

Dans notre aire géographique d'étude, la forêt de **Merlimont** constitue un cas à part, l'exemple type d'un système spatial original défini par une dynamique et des caractères fonctionnels particuliers (fig. 96). Elle offre en effet la particularité de ne pas être une création humaine. Les dunes sont restées pendant des siècles des lieux de chasse où le lapin pullulait. L'insertion de l'homme fut plus ménagée mais néanmoins réelle. Le caractère prolongé et multiforme de l'action anthropique a été perçu depuis le dépouillement d'archives jusqu'aux analyses stationnelles. La double approche historique et naturaliste a finalement montré le caractère très récent des changements qui ont profondément transformé l'état des dunes et des couvertures végétales.

Une dynamique naturelle progressive a conduit à un boisement naturel de feuillus. La présence du bouleau à l'état spontané est attestée dès le Moyen Age. La forêt n'est pas réglée ou aménagée comme Ecault ou Hardelot, où, sur un espace conflictuel, se superposent des enjeux et des intérêts contradictoires. La végétation forestière a donc surtout évolué en fonction des paramètres physiques liés au milieu géographique. Cependant, les quatre grandes séquences historiques que nous avons mentionnées sont d'une durée très inégale et montrent que les interventions humaines ne peuvent être niées d'autant plus qu'elles ont joué dans les cinquante dernières années un rôle **accélérateur** dans les transformations du milieu et de la végétation ligneuse (cf fig. 96). Au cours de ce demi-siècle, quelques années sont importantes: 1953 introduit la myxomatose et libère les tendances dynamiques naturelles de la végétation ligneuse; 1985 marque la fin des plantations et le classement du site en Réserve Biologique Domaniale; 1992 montre les

nouvelles orientations de l'O.N.F., son esprit d'ouverture, et traduit la volonté de mieux comprendre pour mieux agir sur le site.

Les forêts littorales d'abord préservées car appropriées par un individu ou une famille (cf A.Adam; A.J.B.Daloz) ont rapidement suscité convoitises et intérêts.

La dune est devenue une réalité géographique plus complexe qui s'est de plus en plus institutionnalisée. Aux morcellements et aux conflits d'usages s'est ajouté le choc du naturel et de l'artificiel. Il a fallu réagir.

Les actions multiples de préservation engagées par le conservatoire de l'Espace Littoral, les autres partenaires publics et les acteurs locaux, ont presque assuré la pérennité de nos forêts dunaires. Les **mentalités** ont évolué. Avant le classement en réserve biologique, l'aménagement des dunes de Merlimont avait pour objectif la fixation des dunes vives et le boisement des 6/10^e de la surface en résineux. La vocation « forêt » de l'O.N.F. et rentabilité à « tout prix » s'est transformée en une vocation « nature » plus respectueuse du patrimoine biologique et esthétique du milieu. Ces changements sont en rapport avec l'évolution des conceptions relatives à la gestion du milieu dunaire (*supra*, chapitre IX, B. / 2.)

Mais, la forêt dunaire est un espace sensible doté d'une valeur esthétique et récréative forte et pouvant générer une fréquentation touristique importante. Les **risques « naturels »** sont nombreux en forêt et s'appliquent à une infinité d'échelles. Au Touquet-Paris-Plage, 20 hectares sont partis en fumée en juillet 1996. Les actions de **protection** ne doivent pas se relâcher, la dune et la forêt sont fragiles. Parallèlement à la protection, la dimension **didactique** de ces forêts pourrait encore se développer car ce serait le meilleur moyen de faire connaître et de faire respecter la nature.

Par ailleurs, espace d'utilité publique, la forêt littorale constitue aussi un véritable **champ d'investigation scientifique**. Merlimont en est l'illustration vivante.

Le vaste complexe dunaire de Berck-Merlimont (environ 800 ha dont 450 ha pour la Réserve Biologique Domaniale) représente un bel exemple dans l'Europe du Nord-Ouest d'une **dynamique naturelle forestière** sur sable où l'on peut suivre le cycle complet de la vie de la forêt et tout particulièrement la compétitivité entre les essences.

Nous avons vu que la forêt, affectée par des dynamiques externes et internes, avait tendance à progresser depuis la dernière guerre mondiale à la fois vers l'ouest dans la plaine humide en compagnie des saules cendrés et vers l'est au contact du cordon interne. Sur le plan de la dynamique forestière, la bétulaie ne forme pas (ou plus) l'exclusivité de la réserve biologique. Le « *Ligustro-Betuletum* » reste une référence mais ne constitue qu'un archétype. Par une approche structurale et fonctionnelle, l'étude stationnelle a décrit les logiques évolutives récentes de la végétation ligneuse: si les jeunes boisements dunaires en situation hygrophile et inondable sont souvent dominés par les bouleaux, d'autres feuillus font leur apparition ou progressent dans les parties plus anciennes hygrophiles à mésophiles (chêne pédonculé, frêne...) tandis que les boisements de recolonisation sont dominés par le saule cendré. Cependant, il s'avère délicat de se lancer dans une approche prévisionnelle ou

probabiliste: les chênes, encore discrets, atteignent difficilement leur phase de développement tandis que des essences introduites se sont adaptées et commencent à former des faciès structurés.

D'un point de vue cognitif, le contrat Life a permis de croiser les analyses et d'introduire une problématique pluridisciplinaire (et même interdisciplinaire). C'est en privilégiant ce genre d'approche et les études des interrelations entre les éléments d'un système paysager que sera évité le cloisonnement des recherches et que progressera à nouveau la connaissance du milieu dunaire.

Recadrer ses recherches dans une approche globale et géosystémique, intégrer les acquis des autres branches de la géographie ou des disciplines annexes, confronter ses propres résultats avec ceux des autres scientifiques...telles sont les conditions requises qui rendront d'autant plus fiables les études qui seront appelées à se développer sur ce site de Merlimont.

**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

Dans un souci d'apporter une meilleure classification, les sources ont été séparées de la liste bibliographique proprement dite.

Les sources documentaires (cartes, ouvrages...) sont soit manuscrites, soit imprimées. Ont été inclus dans les sources les clichés photographiques et les images satellitales.

LES SOURCES

Documentations internes de l'Office National des Forêts

1. ADMINISTRATION DES FORETS, 1880. Avant-projet d'aménagement de la forêt domaniale d'Hardelot, 1 ère et 2 ème partie, Boulogne-sur-mer, 37 p.
2. DIRECTION GENERALE DES EAUX ET FORETS, 1908-1928. Mémoire sur la manière la plus avantageuse de procéder à la fixation des dunes situées entre la Canche et l'Authie, Boulogne-sur-mer, non paginé.
3. OFFICE NATIONAL DES FORETS, 1982 a. Procès verbal d'aménagement (1982-1992) de la dune domaniale de la Côte d'Opale (407 ha), Arras, 30 p.
4. OFFICE NATIONAL DES FORETS, 1982 b. Procès verbal d'aménagement (1982-1992) de la forêt domaniale d'Ecault, Boulogne-sur-mer, 50 p.
5. OFFICE NATIONAL DES FORETS, 1985. Forêt domaniale de la Côte d'Opale. Réserve Biologique Domaniale, Boulogne-sur-mer, 7 p.
6. OFFICE NATIONAL DES FORETS, 1996. L'O.N.F. et l'espace littoral, dossier interne, Paris, 59 p.

Plans Simples de Gestion

1. DESCAMPS (M.G.), 1984. La Dune aux Loups, P.S.G. n° 1280 / 80, D.D.A.F., Amiens, 12 p.
2. DUTRIEUX (P.), 1982. Les Dunes claires, D.D.A.F., Amiens, 16 p.
3. LACROIX (J.P.), 1980. Les Garennes de Lornel. 62 .Camiers, D.D.A.F, Boulogne-sur-mer, 11 p, 1 pl.
4. LACROIX (J.P.), 1991. Garennes des 4 vents, D.D.A.F., Boulogne-sur-mer, 15 p, 3 fig.
5. LORTHIOIS-TIBERGHEN (G.), 1986. Les Bois de la dune verte, P.S.G. n° 1433 / 80, D.D.A.F., Amiens, 14 p.
6. LOUVEGNIES (F.), 1989. Le Bois de Saint-Frieux, Groupement de Gestion et de Productivité Forestière du Nord, Trélon, 14 p, 2 pl.
7. VASSEUR (J.), 1982. Le Domaine de l'Aaricia, P.S.G. n° 1052, D.D.A.F, Amiens, 11 p.

Publications internes diverses

1. CONSERVATOIRE DE L'ESPACE LITTORAL ET DES RIVAGES LACUSTRES, 1992. Demain, quel littoral ?, Les Cahiers du Conservatoire du Littoral-Actes du colloque des 12 et 13 juin 1991 à l'Assemblée Nationale, Paris, 198 p.
2. CONSERVATOIRE DE L'ESPACE LITTORAL ET DES RIVAGES LACUSTRES, 1995 a. Les français et la protection du littoral, Les Cahiers du Conservatoire du Littoral, n° 4, Paris, 79 p.
3. CONSERVATOIRE DE L'ESPACE LITTORAL ET DES RIVAGES LACUSTRES, 1995 b. Regards sur le littoral. Contributions scientifiques à la protection du littoral, Les Cahiers du Conservatoire du Littoral, n° 7, Paris, 156 p.
4. CONSERVATOIRE DE L'ESPACE LITTORAL ET DES RIVAGES LACUSTRES, 1995 c. Atlas des espaces naturels du littoral, cartes départementales au 1/100000 (n° 1 à 4), Paris, 4 cartes.
5. SYNDICAT MIXTE POUR L'AMENAGEMENT DE LA COTE PICARDE, 1990. Côte picarde 1980/1990. 10 ans pour préserver l'environnement, 15 p.

Archives départementales du Pas-de-Calais

Cahiers de location du droit de chasse dans la garenne communale de Merlimont (Série 20)

- Location du droit de chasse de la garenne communale de Merlimont à Mr L. Duchochoise et Mr F. Godin, 14 décembre 1873, 5 pages manuscrites.
- Location de chasse par la commune de Merlimont à Mr A. Larcher, 2 octobre 1882, 10 pages manuscrites.
- Location de chasse. Requête de la commune de Merlimont au profit de Mr E. Cuvelier et Mr F. Godin, 25 septembre 1890, 12 pages manuscrites.
- Location de chasse par la commune de Merlimont à Mr E. Augé et Mr F. Godin, 7 septembre 1899, 12 pages manuscrites.

Document manuscrit

« Mémoire sur délibéré pour les maires, officiers municipaux et notables composans le conseil général de la Commune de Merlimont... intervenans ayans pris le fait et cause de 29 particuliers assignés, appellants, demandeurs et défendeurs contre Louis-Marie-Francois de Forceville demeurant ordinairement en la ville de Montreuil, intimé, défendeur et demandeur ».

Amiens, impr de J.B. Caron, 1792, in-4°, Arch. dép. Pas-de-Calais, Arras, 40 p, C 1027³².

Cartes anciennes

Cartes anciennes

(ces cartes sont soit des reproductions tirées d'ouvrages ou de revues, soit des originaux consultés tels quels dans les bibliothèques ou musées municipaux)

- * Fragment d'une carte d'Ortelius ayant pour titre: *Picardioe, Belgicoe regionis descriptio, Joanne Surhonio auctore*, ; carte du Boulonnais et du Calais par Nicolas de Nicolai, (carte faisant partie de l'atlas intitulé: « *Theatrum orbis Terrarum* » par

- Abraham Ortelius, 1570), Copyright Plantin Moretus, Anvers, M.D.LXXXI.In-folio (COACHE, 1891).
- * Fragment d'une carte de Sanson ayant pour titre: Britanni.Archid^{conné} de Ponthieu, dans l'Evesché d'Amiens, où sont les comté, senesch^{sscc}, et Eslection de Ponthieu, Part. des Balliage et Eslection d'Amiens, et de l'Eslection de Doulens etc., par N.Sanson d'Abbeville, Géogr. Ord^{re} du Roy. 1656 (carte tirée de l'atlas intitulé: La Picardie, la Champagne, etc., la Lorraine, en plusieurs, et diverses cartes particulières.Paris, M.D.C.LVI.In-folio (COACHE, 1891).
 - * Carte de la côte du Boulonnois depuis le cap Blanc-Nez jusqu'à Etaples, 1705, 1/28800, musée Quentovic d'Etaples.
 - * Carte particulière des environs d'Abbeville, Montreuil, avec les embouchures des rivières de Somme, d'Autie (sic) et de la Canche, 1744, Arch.Départ.Somme, 1 Fi Picardie 4 (KAPFERER, 1991).
 - * Carte du Pays de Marquenterre entre l'Authie et la Maye en 1758 reproduit d'après l'original de la bibliothèque d'Abbeville (DUFETELLE, 1907).
 - * Carte de la côte du Boulonnais depuis le cap Blanc-Nez jusqu'à Etaples (levée par Beauvilliers), 1761, 1/29000, musée Quentovic d'Etaples.
 - * Le petit Atlas maritime.Recueil de cartes et plans des quatre parties du monde.Cinquième volume contenant les Costes de France et les places maritimes sur l'océan et sur la Méditerranée, bibliothèque des Augustins d'Amiens, 1764, 131 cartes et plans.
 - * Carte de la Baye d'Etaples et de ses environs (levée par le chef de Bataillon du Génie, les capitaines Warengien, Declos et autres officiers du Génie employés au Camq de Montreuil pendant les mois de Nivôse et Pluviôse An XII (1/10000 environ), Arch.Départ.Pas-de-Calais, 2 Mi 73 / R 1.
 - * Croquis visuel de la limite entre la commune de Quend et celle de St-Quentin-en-Tourmont (art.4 du procès verbal) (réduction d'après l'original aux archives de la mairie, 1827) (DUFETELLE, 1907).
 - * Plan de la baie de Somme levé en 1865 sous la direction de MM Fremaux, Ingénieur en chef, 1/20000, Ponts et chaussées-Service des ports maritimes, Bibliothèque municipale d'Abbeville, Hôtel d'Emonville, série iconographique (Fonds Macqueron).
 - * Plan de la baie de Somme levé en 1878 par M.G.Heraud, Ingénieur hydrographe et MM Bouillet, Favé et Gounier, Sous-Ingénieurs, assistés de MM Mion et La Porte, Elèves Ingénieurs, 1/25000, dépôt des cartes et plans de la marine, Bibliothèque municipale d'Abbeville, Hôtel d'Emonville, série iconographique (Fonds Macqueron).
 - * Carte générale routière et hydrographique du Marquenterre dressée en 1913 par G.Flautre, Géomètre-Expert à Rue et L.François, Agent-Voyer, à Rue, 1/20000, Bibliothèque municipale d'Abbeville, Hôtel d'Emonville, série iconographique (Fonds Macqueron).

Carte de Cassini, 1/86400, n° 22, levés de 1756

Carte d'état-major, n° 6, Manuscrit de 1826 (6 N.E.), 1/40000

Carte d'état-major, n° 6, Montreuil, publiée en 1833, revue en 1861, 1/80000

Carte d'état-major, n° 3, Boulogne, publiée en 1837, revue en 1861, 1/80000

Carte d'état-major, n° 6, Montreuil, publiée en 1852, 1/80000

Carte d'état-major, n° 6, Montreuil, publiée en 1861, 1/80000

Carte type 1889, n° 6 N.E.Montreuil, publiée en 1890, 1/80000

Carte type 1889, n° 6 N.E.Montreuil, publiée en 1898, 1/50000

Carte type 1889, n° 6 N.E.Montreuil, publiée en 1929, 1/50000

Carte type 1889, n° 6, Montreuil, tirage d'Août 1941, 1/80000

Carte type 1889, S.E.Montreuil, tirage de juillet 1944, 1/50000

Carte allemande (Deutscheheereskarte):

- N° 5 / 5-6 Montreuil XXI, publiée en 1944 (levés de 1942), 1/25000

- N° 4 / 5-6 Boulogne-sur-mer, publiée en 1944 (levés de 1942), 1/25000

Carte de France n° 2105/6, levés de 1950, 1/20000

Autres sources cartographiques

- Carte de la végétation naturelle potentielle du Nord-Pas-de-Calais établie par J.M.Géhu, 1/250000, 1978.

- Carte forestière des départements du Nord et du Pas-de-Calais, document réalisé à partir de l'inventaire forestier du Nord et du Pas-de-Calais de 1986, Ministère de l'Agriculture-Direction des Forêts, 1/200000, 1988.

- Carte de la végétation de la France, feuille n° 4 Lille établie par J.M.Géhu, 1/200000, 1970.

- Carte de la répartition spatiale des complexes d'habitats (dunes de Merlimont) établie par F.Duhamel, 1/5000, C.R.E.P.I.S.-Nature-Environnement, Bailleul, 1995.

Références des clichés photographiques

Secteur Le Touquet

1947 Montreuil Lillers clichés 219-220-221

1976 Réf 1976 FR 2794/145 clichés 106-107-108-125-126-127

1989 Réf 1989 FD 62/200 clichés 1571-1572-1573

Secteur Fort-Mahon-Plage

1947 Rue St-Pol clichés 158-159-161-162

1974 Rue/300 clichés 11-12-26-27

1991 Réf 1991 FD 80/300 clichés 21-22-25-26

Secteur Dannes

1947/1952 Boulogne-St-Omer clichés 2-3

1989 Réf 1989 FD 62/200 clichés 1799-1800-1801

Secteur Merlimont

1947 Réf Mission Montreuil-Lillers clichés 3-5-110-111-112

1955 Réf 2105-2305 clichés 39-40-42-43

1963 Réf 2105-2205 clichés 30-31-32

1971 Réf 71 FR 2113/250 clichés 534-535-536-653-654-655

1976 Réf 1976 FR 2794/145 clichés 69-70-71-76-77-78

1979 Réf 2105-2405/300 clichés 66-67

1983 Réf 62 IFN 83 08 200 P clichés 917-918-919-1766-1767

1989 Réf 1989 FD 62 200 clichés 1316-1317-1318-1452-1453-1454

Pour Merlimont, clichés couleur de 1981; Mission F81-125-3228C clichés 10-86; clichés couleur de mai 1994 (15/05/94; mission spéciale de phot'air dans le cadre du contrat Life, échelle $\approx 1/5000$)

D'autre part, des clichés photographiques du même secteur d'étude antérieurs à 1947, d'assez bonne qualité, ont été consultés avec profit. Ces photographies aériennes prises par l'armée britannique lors de la Seconde Guerre mondiale ont été fournies gracieusement par l'université de Keele (Department of Geography; University of Keele, Staffordshire ST5 5BG).

Les références de ces clichés panchromatiques sont les suivantes:

Mission P.D.U.H5.8".6.6.40.HNA/035 clichés 26, 27, 28

Mission P.D.U.H6.8".6.6.40.HNA/035 clichés 226, 227, 228

Mission 16/558: 25 JUN 44: F 36" // A5 clichés 3032 à 3037

Mission 16/558: 25 JUN 44: F 36" // A6 clichés 4020 à 4025

Les échelles approximatives de ces clichés sont le 1/9700 pour ceux du 25 juin 1944 et le 1/44000 pour ceux du 6 juin 1940.

Références des documents Spot et Landsat

Landsat Thematic Mapper 199.025 (5 octobre 1989)

Agence Spatiale Européenne-Emimage

(Laboratoire d'Optique Atmosphérique de l'Université de Lille I)

Spot 2 HRV 1 37.248 (22 janvier 1992)

copyright CNES.IGN.Spotimage

(contrat Life « Biodiversité et protection dunaire »)

Spot 1 HRV 1 37.248 (14 mai 1992)

copyright CNES.IGN.Spotimage

(contrat Life « Biodiversité et protection dunaire »)

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

Abréviations utilisées:

- Bull.Assoc.Géog.Franç.: Bulletin de l'Association des Géographes Français
- Bull.Soc.Bot.Fr.: Bulletin de la Société Botanique de France
- Bull.Soc.Bot.N.France: Bulletin de la Société de Botanique du Nord de la France
- Bull.Soc.Géol.Nord: Bulletin de la Société Géologique du Nord de la France

1. ADAM (A.), 1865. Rapport de Mr Alexandre Adam sur l'emploi dans les dunes de Condette et de Saint-Etienne des graines de pin du 1er juillet 1864 au 30 juin 1865, Arras, 15 p.
2. ADAM (A.), 1866. Rapport de Mr Alexandre Adam sur ses opérations dans les dunes de Condette et de Saint-Etienne du 1er juillet 1865 au 30 juin 1866, Arras, 8 p.
3. ALLAVOINE (P.), BUIRE (M.), SALLE (F.X.), 1963. La fixation et le boisement des dunes du Nord, in Revue Forestière Française, n° 5, p. 344-366, 6 fig.
4. AMAT (J.P.), HOTYAT (M.), 1983. Données satellites et paysage. Approche méthodologique d'un espace forestier: la forêt de fontainebleau, in Travaux du laboratoire de géographie physique, Paris VII, 57 p.
5. AMAT (J.P.), HOTYAT (M.), 1984. Dynamique d'un espace forestier de loisirs en forêt de Fontainebleau, in Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, T 55, fasc 2, p. 249-258, 3 fig.
6. AMAT (J.P.), 1991. Sylvofaciès et sylvoséquences de la guerre dans les forêts du Nord-Est de la France: dynamiques de constitution et (ou) de reconstitution, in Colloques phytosociologiques, XX, Bailleul, p. 203-225, 13 fig.
7. AMPE (C.), LANGOHR (R.), DE RAEVE (F.), VERMOORTEEL (I.), BEAS (R.), 1991. Het belang van de bodem in de jonge kustduindynamiek in het natuurreservaat de Westhoek, in De Aardrijkskunde, n° 3, p. 317-333, 4 fig.
8. AMPE (C.), LANGOHR (R.), 1993. Distribution and dynamics of shrub roots in recent coastal dune valley ecosystems of Belgium, in Geoderma, n° 56, p. 37-55, 7 fig.
9. AMPE (C.), LANGOHR (R.), 1996. The edaphic factor in understanding the tree growth of the Hannecart forest nature reserve, Belgian coastal dune area. Abstract submitted to the 28th International Geographical Congress, Den Haag, Nederland, 4-10 augustus 1996.
10. ANDRE (J.), 1962. Histoire naturelle (traduction des notes de Pline l'Ancien), Livre XVI, Paris, 198 p.
11. ANONYME, 1826. Forêts submergées, in Le Lycée Armoricaïn, Vol 7, p. 431-439.
12. ANONYME, 1900. Le Pas-de-Calais au Dix-Neuvième siècle. Notices rédigées à la demande du Conseil général pour servir à l'histoire de ce département pendant le XIX ème siècle, T IV, Arras, imp. F.Guyot, 471 p.
13. ANONYME, 1979. Les zones humides (marais, vasières salées, tourbières, étangs...), Compte rendu du stage européen sur l'écologie appliquée aux zones humides et aux grands plans d'eau artificiels (12-18 septembre 1976), in Colloque « Environnement », Vol 59, Paris, 141 p.
14. ANONYME, 1985. Le Bois dans la Gaule Romaine et les provinces voisines, in Bulletin du Centre de Recherche A.Piganiol, T XXI, ed. Errance, Tours, 326 p.

15. ANONYME, 1985. Les conséquences de la guerre sur le Mont-Saint-Frieux, in Les Dossiers de l'histoire boulonnaise, n° 50, p. 3-6.
16. ANONYME, 1989. Cahiers des remontrances, plaintes et doléances du Tiers-Etat de la Sénéchaussée du Boulonnois, in Les Dossiers de l'histoire boulonnaise, n° 69, p. 15-19.
17. ANONYME, 1990. Adobe Photoshop. Guide de l'utilisateur de base, Adobe Systems Incorporated, 260 p.
18. ANONYME, non daté. Trois siècles de cartographies en Picardie, C.R.D.P., Amiens, 55 p.
19. ARNAUD (D.), 1993. La Côte d'Opale, Punch Editions, Wimille, 114 p.
20. ARNAUD (D.), 1995. Gestion des milieux naturels. Le rôle accru des collectivités locales, in La Voix du Nord, édition du 4 mars, p. 8.
21. ARNOLD (J.), 1994. Historique de l'élevage du lapin, in Compte rendu de l'Académie d'Agriculture de France, vol 80, n° 4, p. 3-12.
22. ARNOULD (P.), 1991. Climax, un concept à tout faire ?, in Colloques phytosociologiques, XX, Bailleul, p. 101-118.
23. ARNOULD (P.), 1994 a. La recherche française en Biogéographie, in Bull. Assoc. Géog. Franç., p. 404-413.
24. ARNOULD (P.), 1994 b. Barrages verts et désertification: mythes et réalités, in « Les milieux arides et semi-arides, héritages et dynamiques actuelles », Colloque en l'honneur du professeur Roger Coque, E.N.S. Fontenay-Saint-Cloud, p. 37-57, 3 fig.
25. ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES, 1899. Boulogne -sur-mer et la région boulonnaise, Boulogne-sur-mer, 2 T, 1506 p.
26. AUFRERE (L.), 1954. Rapport sur les fouilles d'Equihen et d'Hardelot, in Gallion, T XII, fasc 2, p. 393-395.
27. AUSSENAC (G.), 1984. Rôle de la microclimatologie et de la bioclimatologie en sylviculture, in La Météorologie, n° 5, p. 11-
28. AUSSENAC (G.), 1993. Déficit hydriques et croissance des arbres forestiers, in Forêt Entreprise, n° 89, p. 40-47, 10 fig.
29. AUTHA (D.), NEGRE (S.), DE BEAUFORT (G.), FOSSET (R.), 1988. Labruguière berceau de l'aérophotographie par cerf-volant. Arthur BATUT (1846-1918), Midi France Communication Albi, La Romanche, 155 p.
30. BADRE (L.), 1983. Histoire de la forêt française, ed. Arthaud, Paris, 309 p.
31. BACQUET (G.), 1982. Val de Canche, Auxi-le-château, 222 p.
32. BAILLON (M.), 1791. Sur les sables mouvans qui couvrent les côtes du département du Pas-de-Calais. Détail des dommages qu'ils causent, et des moyens de préserver de leurs invasions les biens-fonds qui les avoisinent, in Mémoire de la Société d'Agriculture de Paris, Paris, p. 70-109.
33. BAIZE (D.), 1989. Guide des analyses courantes en pédologie, I.N.R.A., Paris, 172 p.
34. BAIZE (D.), coord; GIRARD (M.C.), coord, 1995. Référentiel pédologique 1995, I.N.R.A., Coll. Techniques et Pratiques, Paris, 332 p.
35. BAIZE (D.), JABIOL (B.), 1995. Guide pour la description des sols, I.N.R.A., Paris, 1995, 375 p, 107 fig.
36. BAKKER (TH.), JUNGRIUS (P.D.), KLIJN (J.A) (Editors), 1990. Dunes of the European coasts. Geomorphology-Hydrology-Soil, in Catena, Suppl 18, 223 p.
37. BALDINGER (K.) (Dir.), 1974. Dictionnaire étymologique de l'Ancien français, Les presses de l'Université Laval, Québec, 505 p.
38. BALDWIN (K.A.), MAUN (M.A.), 1983. Microenvironment of Lake Huron sand dunes, in Canadian Journal of Botany, vol 61, n° 1, p. 241-255, 9 fig.
39. BALLU (J.M.), 1983. Protection de la nature et réserves biologiques domaniales, in Bulletin d'information de l'O.N.F., n° 68, p. 13-18, 1 fig.

40. BANTEGNIES (P.), ERCA-DURTESTE (D.), GRESELLE (L.), PETIT (R.), ROLLAND (M.C.), 1982. Etaples-Camiers-Lefaux. Etude en vue d'une protection du massif dunaire, M.S.T. Environnement et Aménagement Régional, Université des Sciences et Techniques de Lille, 210 p.
41. BARABAN (?), 1890. Les dunes de Belgique, in Revue des Eaux et Forêts, T IV, p. 145-157.
42. BARBAULT (R.), BLANDIN (P.), 1980. La notion de stratégie adaptative: sur quelques aspects énergétiques, démographiques et synécologiques, in Actes du colloque d'Ecologie théorique (les stratégies adaptatives), E.N.S. Paris, p. 1-27, 15 fig.
43. BARIOU (R.), 1978. Manuel de télédétection, ed. SODIPESA, Paris, 349 p, 100 fig.
44. BARIOU (R.), 1992. Télédétection et géographie, in Norois, T 39, n° 155, p. 251-254.
45. BARKMAN (J.), 1974. Le *Dicrano-Quercetum*, nouvelle association des chênaies acidophiles aux Pays-Bas, in Colloques phytosociologiques, III, Lille, p. 251-254.
46. BARRUE-PASTOR (M.), BLANC-PAMARD (C.), DEFFONTAINES (J.P.), 1992 a. Le paradoxe du paysage, in Sciences de la nature. Sciences de la société. Les passeurs de frontière, p. 297-306.
47. BARRUE-PASTOR (M.), MUXART (T.), 1992 b. Le géosystème: nature « naturelle » ou nature « anthropisée » ?, in Sciences de la nature. Sciences de la société. Les passeurs de frontière, p. 259-265.
48. BARSCH (D.), 1965. Les arbres et le vent dans la vallée méridionale du Rhône, in Revue de Géographie de Lyon, vol 40, n° 1, p. 34-45, 1 fig.
49. BARTET (J.H.), 1996. Gestion durable des forêts littorales, in séminaire de Bordeaux « Biodiversité et protection dunaire » (Programme européen Life 92-FR-013), 1 p.
50. BARTHELEMY (D.), CARAGLIO (Y.), DRENOU (C.), FIGUREAU (C.), 1992. Dossier Architecture et senescence des arbres, in Forêt entreprise, n° 83, p. 15-35.
51. BARTHOD (C.), 1994. Perturbations, dynamiques naturelles et projets sylvicoles, in Compte rendu de l'Académie d'Agriculture de France, vol 80, n° 7, p. 119-128.
52. BARTOLI (M.), 1992. Utilisation pratique de la « Flore Forestière Française » pour réaliser un diagnostic écologique, in O.N.F.-Bulletin Technique, n° 23, p. 55-72, 9 fig.
53. BARY-LENGER (A.), EVRARD (R.), GATHY (P.), 1988. La forêt, ed. Du Perron, 3^{ème} ed., Liège, 619 p.
54. BATTIAU-QUENEY (Y.), 1995. Les milieux littoraux, in Bull. Assoc. Géog. Franç., n° 5, p. 406-409.
55. BATTIAU-QUENEY (Y.), FAUCHOIS (J.), LANOY-RATEL (P.), SEGUIN (A.), 1995. Un patrimoine paysager à protéger: les dunes littorales de Merlimont et de Berck (Pas-de-Calais), in Hommes et Terres du Nord, n° 1-2, p. 21-30, 4 fig.
56. BAUDIERE (A.), SOUTADE (G.), 1985. Sur la notion de système phytomorphogénétique et l'utilisation de ce concept pour l'étude de la végétation des milieux supraforestiers, in Colloques phytosociologiques, XIII, Bailleul, p. 173-177.
57. BAZIRE (P.), 1989. Application à la gestion des forêts de hêtre, in Comptes rendus de l'Académie des Sciences, n° 5, p. 39-46.
58. BEAUCIRE (F.), 1978. Sur les racines et l'enracinement de trois arbres (pins sylvestres, chênes, bouleaux) dans quatre stations de Cessières (Aisne), thèse de 3^{ème} cycle, Paris X, 117 p.
59. BEAUCOUR (F.), 1970. La défense des côtes picardes de l'an III (1795) à l'an XII (1803), in Bulletin de la Société des Antiquaires de Picardie, 4^{ème} trimestre, p. 1-31.
60. BEAUDEL (A.), 1984. Conditte d'hier et d'aujourd'hui, in Les cahiers du Collouij, n° 2, Boulogne-sur-mer, 64 p.
61. BECKER (M.), 1985. Démarche méthodologique préconisée pour la typologie des stations forestières, in Colloques phytosociologiques, XIV, Nancy, p. 299-311.

62. BERDOULAY (V.), SOUBEYRAN (O.), 1991. Lamarck, Darwin et Vidal: aux fondements naturalistes de la géographie humaine, in Annales de Géographie, n° 561-562, p. 617-634.
63. BERENDSEN (H.J.A), ZAGWIJN (W.H.), 1984. Some conclusions reached at the symposium on geological changes in the western Netherlands during the period 1000-1300 A.D., in Géological changes in the western Netherlands during the period 1000-1300 A.D., p. 225-229, 1 fig.
64. BEROUTCHACHVILI (N.), ROUGERIE (G.), 1991. Géosystèmes et paysages. Bilan et méthodes, ed. A. Colin, Paris, 302 p, 41 fig.
65. BERQUE (A.), 1992. Espace, milieu, paysage, environnement, in Encyclopédie de la Géographie, p. 351-369, 2 fig.
66. BERTHE (L.N.), BOUGARD (P.), CANLER (D.), DECELLE (J.M), JESSENNE (J.P.), 1992. Villes et villages du Pas-de-Calais en 1790, T II et III, Mémoires de la Commission départementale d'Histoire et d'Archéologie, Arras, 571 p et 597 p.
67. BERTHELOT (A.) (dir.), 1981. Un milieu maritime: « le Boulonnais », C.R.D.P., Lille, 272 p.
68. BERTIN (J.), VALLEE (G.), 1877. Les dunes et leurs utilisations, in Annuaire du Pas-de-Calais pour l'année 1877, Arras, p. 345-347.
69. BERTRAND (G.), 1966. Pour une étude géographique de la végétation, in Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, T 37, p. 129-143, 13 fig.
70. BERTRAND (G.), 1986. La végétation dans le géosystème. Phytogéographie des montagnes cantabriques centrales (Espagne), in Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, T 57, fasc 3, p. 291-312.
71. BERTRAND (P.J.B.), 1828. Précis de l'histoire physique, civile et politique de la ville de Boulogne-sur-mer et de ses environs, T 2, Boulogne-sur-mer, 657 p.
72. BILLAUDAZ (P.), 1978. Berck à travers les siècles, T 2, Berck-sur-mer, 195 p.
73. BILLAUDAZ (P.), DEBARBOUILLE (A.), TROUBLE (M.), 1979. Berck en cartes postales anciennes, Association des Amis du Musée et de la Bibliothèque, Berck, 142 p.
74. BILLAUDAZ (P.), 1994. Droit de colombier et droit de chasse avant 1789, in Sucellus, N° 38, p. 38-39.
75. BIRD (E.C.F.), 1984. Coasts. An introduction to Coastal Geomorphology, Oxford, 320 p, 133 fig.
76. BIROT (P.), 1965. Les formations végétales du globe, Paris V, 508 p, 83 fig.
77. BLANCHARD (R.), 1906. La Flandre. Etude géographique de la plaine flamande. En France, Belgique et Hollande, thèse de doctorat, Lille, 530 p.
78. BLANDIN (P.), 1992. De l'écosystème à l'écocomplexe, in Sciences de la nature. Sciences de la société. Les passeurs de frontière, p. 267-279.
79. BLERARD (C.), VERGNE (V.), 1983. Les dunes du littoral picard. Essai d'étude globale, apport de la télédétection, mémoire de Maîtrise, Amiens, 210 p, 79 fig.
80. BLERARD (C.), VERGNE (V.), 1985. Les dunes du littoral picard, 1947-1981, in Hommes et Terres du Nord, n° 4, p. 258-267, 8 fig.
81. BLOCH (O.), VON WART BURG (W.), 1989. Dictionnaire étymologique de la langue française, P.U.F., Paris, 682 p.
82. BLONDEL (.), 1986. Biogéographie évolutive, ed. Masson, Paris, 221 p, 54 fig.
83. BOMER (B.), 1990. Questions d'aménagement littoral: les dunes, in Bull. Assoc. Géog. Franç., n° 4, p. 291-296.
84. BOMER (B.), 1994. Le paysage, vu par les géographes... et par les autres, in Bull. Assoc. Géog. Franç., n° 3, p. 3-9.
85. BON (M.), CLAUS (G.), 1969. Le littoral picard (géologie et flore), in Revue de la Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, T 8, n° 36, p. 85-98, 3 fig.

86. BONN (F.), ROCHON (G.), 1993. Précis de télédétection, Vol 1: Principes et méthodes, Presses de l'Université du Québec, 485 p.
87. BONNART (N.), DUHAMEL (F.), MORICE (C.), TROUVILLIEZ (J.), 1982. Le milieu dunaire entre Quend et Fort-Mahon, Direction départementale de l'Équipement de la Somme, Amiens, 168 p.
88. BONNEAU (M.), DUCHAUFOUR (P.), LE TACON (F.), 1967. Réflexions sur l'importance du facteur temps dans l'évolution des sols, in Science du sol, n° 2, p. 13-24, 1 fig.
89. BONNEAU (M.), SOUCHIER (B.), 1994. Pédologie. T 2: constituants et propriétés du sol, ed. Masson, 2^{ème} ed., Paris, 665 p.
90. BONNEFONT (J.C.), 1974. Les lisières forestières en lorraine: un milieu géographique original, in Revue Géographique de l'Est, n° 1-2, T XIV, p. 3-29, 5 fig.
91. BONNIER (G.), DOUTIN (R.), 1990. La Grande Flore en couleurs de Gaston Bonnier, T 4, ed. Belin, réédition, Paris, 1401 p.
92. BONNOT (E.J.), 1971. Sur la place et le rôle des bryophytes dans la végétation des dunes, in Colloques phytosociologiques, I, Paris, 149-155.
93. BONTE (A.), 1966. Le Quaternaire de la Pointe aux Oies entre Wimereux et Ambleteuse (Pas-de-Calais), in Ann.Soc.Géol.Nord, T LXXXVI, p. 183-186, 1 fig.
94. BOSTYN (F.), 1989. Les mégalithes du Boulonnais, in Les Cahiers de Préhistoire du Nord, n° 5 « Spécial Boulonnais », p. 5-10, 4 fig.
95. BOUCHERON (C.), 1986. Aménagement et gestion des dunes littorales françaises, thèse de doctorat, Paris IV, 393 p.
96. BOUCHOT (B.), 1984. Méthode d'analyse visuelle des données LANDSAT en milieu forestier. Exemple de la forêt des Ardennes, in Travaux de l'Institut de Géographie de Reims, n° 57-58, p. 137-158, 11 fig.
97. BOUCHOT (B.), 1985. Biogéographie et télanalyse. Contribution à l'étude d'un massif forestier dans le Nord Est de la France. La forêt des Ardennes, thèse de doctorat, Paris VII, 284 p.
98. BOULAIN (J.), 1992. Histoire de l'Agronomie en France, ed. Tec et Doc Lavoissier, Paris, 392 p.
99. BOULLARD (B.), 1992. Petite encyclopédie de la Forêt, ed. Ellipses, Paris, 384 p, 45 fig.
100. BOULLAY (l'Abbé), 1878. Révision de la flore des départements du Nord de la France, fasc 1, Lille, 63 p.
101. BOULLET (V.) (dir.), 1992. Bilan écologique des dunes Marchand, T 2 « Végétation et Habitats », C.R.E.P.I.S., Bailleul, 103 p.
102. BOULY DE LESDAIN (M.), 1912. Ecologie d'une petite panne dans les dunes des environs de Dunkerque (Phanérogames et Cryptogames), in Bull.Soc.Bot.Fr., 4[°] série, T 12, p. 177-184 et 207-215.
103. BOURNERIAS (M.), BOCK (C.), 1992. Le Génie Végétal, ed. Nathan, Paris, 231 p.
104. BOURNERIAS (M.), POMEROL (C.), TURQUIER (Y.), 1983. La Manche de Dunkerque au Havre, Guides naturalistes des côtes de France., ed. Delachaux et Niestlé, Paris, 242 p, 68 fig.
105. BOURNIQUE (C.P.), GEHU (J.M.), GEHU-FRANCK (J.), 1983. Le littoral Nord-Pas-de-Calais, synthèse phytocoénologique, Paris V, 301 p.
106. BOUSQUET (B.), MIOSSEC (A.), 1990. Vers une organisation mésologique du littoral, in Bull. Assoc. Géog. Franç., n° 4, Paris, p. 320-321.
107. BOUSQUET-BRESSOLIER (C.) (Dir.), 1995. L'oeil du cartographe, in Mémoires de la section de géographie physique et humaine, n° 18, Paris, 283 p.
108. BOUVEROUX (J.), 1996. Une Flandre verte et où il fait bon vivre, in La Flandre, n° 10, p. 16-19.

109. BOUZILLE (J.B.), GEHU (J.M.), GODEAU (M.), BIORET (F.), BOTINEAU (M.), LAHONDERE (C.), 1989. Troisièmes Journées phytosociologiques du Centre-Ouest: analyse paysagère sur le littoral vendéen, in Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest, T 20, p. 381-422.
110. BRACHET (G.), 1990. Espace: la commercialisation des images d'observation de la Terre, in Encyclopedia Universalis, p. 213-218.
111. BRACQUART (N.), GEHU (J.M.), LEFEVRE (G.), LEFEVRE (P.), 1981. Le Marquenterre. Utilisation du terrain et types de végétation, C.R.D.P., Amiens, 123 p, 19 fig.
112. BRANDICOURT (M.V.), 1904. Le témoignage historique des plantes, in Bulletin de la Société des Antiquaires de Picardie, T XXII, p. 54-55.
113. BRAQUE (R.), 1990. A propos de biosphère: affrontements de concepts, querelles de mots, in La Terre et les Hommes, Mélanges offerts à Max Derruau, Clermont-Ferrand, fasc 32, p. 557-572.
114. BRIDENNE (J.), 1987. Berck à travers les peintres de 1860-1914 ou l'école du Naturalisme Marin, thèse de doctorat, Paris IV, 225 p.
115. BRIDENNE (J.), 1990. Les peintres de Berck (1850-1920), ed. La Chasse-Marée / Armeu, Douarnenez, 45 p, 44 pl.
116. BRIQUET (A.), 1923. Les dunes littorales, in Annales de Géographie, Vol XXXII, p. 385-394.
117. BRIQUET (A.), 1930. Le littoral du Nord de la France et son évolution morphologique, ed. A. Colin, Paris, 439 p, 151 fig.
118. BRUNEL (C.), 1930. Recueil des actes des Comtes de Ponthieu (1026-1279), Collection de documents inédits sur l'histoire de France, Paris, 779 p.
119. BRUNET (J.), 1868. Nouveau guide de Boulogne et ses environs, 5^{ème} édition, ed. C. WATEL, Boulogne-sur-mer, 146 p.
120. BRUNET (R.), 1967. Les phénomènes de discontinuités en Géographie, in Mémoires et Documents publiés sous la direction de J. Dresch, ed. C.N.R.S, Vol 7, Paris, 117 p, 30 fig.
121. BRUNET (R.), FERRAS (R.), THERY (H.), 1992. Les mots de la géographie. dictionnaire critique, Reclus-La documentation Française, Paris, 470 p.
122. BURTE (J.N.) (dir.), 1992. Le bon jardinier-encyclopédie horticole, ed. La Maison Rustique, Vol 1, Paris, 1199 p.
123. CABANTOUS (A.), 1987. Les populations maritimes de la mer du Nord et de la Manche orientale (vers 1660-1793): essai d'histoire sociale comparative, thèse de doctorat d'Etat, 3T, Lille III, 986 p.
124. CAILLEUX (A.), CHEVAN (A.), 1984. Détermination pratique des roches, ed. S.E.D.E.S., Paris, 194 p.
125. CAILLEUX (A.), TRICART (J.), 1959. Initiation à l'étude des sables et des galets, T 1, Paris V, 191 p.
126. CALLOT (G.), CHAMAYOU (H.), MAERTENS (C.), SALSAC (L.), 1982. Mieux comprendre les interactions sol-racine. Incidence sur la nutrition minérale, I.N.R.A., Paris, 325 p, 105 fig.
127. CAMPY (M.), MACAIRE (J.J.), 1989. Géologie des formations superficielles. Géodynamique-faciès-utilisation, ed. Masson, Paris, 433 p.
128. CAMUS (M.G.), 1903. Plantes nouvelles ou intéressantes des dunes situées entre Berck et Merlimont (Pas-de-Calais), in Bull. Soc. Bot. Fr., 4^o série, T III, p. 383-386.
129. CARBIENER (R.), SCHNITZLER (A.), WALTER (J.M.), 1988. Problèmes de dynamique forestière et de définition des stations en milieu alluvial, in Colloques phytosociologiques, XIV, Phytosociologie et foresterie, Nancy (1985), p. 655-686.

130. CARBIENER (R.), 1991. Les écosystèmes forestiers: aspects fonctionnels liés à l'évolution biogéographique et aux influences anthropiques, in Colloques phytosociologiques, XX, Bailleul, p. 73-99.
131. CARRE (J.), 1971. Lecture et exploitation des photographies aériennes, ed. Eyrolles, Paris V, 213 p.
132. CARTER (R.W.G.), 1988. Coastal environments, Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich Publishers, 617 p, 278 fig.
133. CARTER (R.W.G.), WILSON (P.), 1990. The geomorphological, ecological and pedological development of coastal foredunes at Magilligan Point, Northern Ireland, in Coastal Dunes. Form and Process, ed. K.F.Nordstrom, N.Psuty and B.Carter, p. 129-157, 13 fig.
134. CARTON (F.), POULET (D.), 1991. Dictionnaire du français régional du Nord-Pas-de-Calais, ed. Bonneton, Paris, 125 p.
135. CATTIER (J.), 1974. Boiser les dunes du Pas-de-Calais, Arras, 63 p.
136. CEPEDE (C.), ACLOQUE (A.), 1910-1912. Observations biologiques et écologiques sur la flore de Wimereux et ses environs, in Bulletin de la Société académique de l'arrondissement de Boulogne-sur-mer, T 9, Boulogne-sur-mer, p. 9-54.
137. CEPEDE (C.), 1913-1916. L'utilisation vannière du saule argenté des dunes et la création d'une nouvelle industrie boulonnaise, in Bulletin de la Société académique de l'arrondissement de Boulogne-sur-mer, T 10, Boulogne-sur-mer, p. 239-243.
138. CERVELLE (B.), 1989. S.P.O.T.-Des yeux braqués sur la terre, ed. Presses du C.N.R.S., Paris, 213 p.
139. CHALON (R.), 1991. La photographie aérienne au service de la forêt, in Silva Belgica, Vol 98, n° 2, p. 21-26.
140. CHANLAIRE (P.G.), PEUCHET (J.), 1810. Description topographique et statistique de la France, département du Pas-de-Calais, Paris, 46 p.
141. CHAPPEY (F.), LEFEBVRE (A.), LEFEBVRE (S.), 1981. Hardelot-Plage. Côte d'Opale, Hardelot, 96 p.
142. CHAURIS (L.), 1991. Localisation de la « forêt sous-marine » découverte « près de Morlaix » par le comte de la Fruglaye en 1811, in Norois, Poitiers, T 38, n° 152, p. 389-392.
143. CHAUVET (M.), OLIVIER (L.), 1993. La biodiversité, enjeu planétaire. Préserver notre patrimoine génétique, ed. Sang de la terre, Paris, 413 p.
144. CHESNAIS (M.), 1984. Structure du paysage et structure de l'information satellitaire, in Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen, n° 28, p. 117-122, 13 fig.
145. CHEVALIER (R.), 1971. La photographie aérienne, ed. A. Colin, 233 p, 40 fig.
146. CLEMENT (V.), 1991. Réflexion méthodologique pour une étude de biogéographie historique de la partie orientale de la Tierra de Pinares (Vieille Castille, Espagne), Colloques phytosociologiques, XX, Bailleul, p. 389-402, 2 fig.
147. CLEMENTE (L.), GARCIA (L.V.), SILJESTRÖM (P.), 1988. Les facteurs écologiques de la pédogénèse dans la réserve biologique de Donana (Espagne), in Cahiers Orstom, série pédologie, vol XXIV, n° 2, p. 123-135, 4 fig.
148. COACHE (E.), 1891. La carte de l'état-major français, conférence scientifique d'Abbeville et du Ponthieu, Abbeville, 28 p.
149. COMMISSION DEPARTEMENTALE DES MONUMENTS HISTORIQUES, 1875. Dictionnaire historique et archéologique du département du Pas-de-Calais, Arrondissement de Montreuil, ed. Sueur-charruey, Arras, 418 p.
150. COMMISSION DEPARTEMENTALE DES MONUMENTS HISTORIQUES, 1978. Dictionnaire historique et archéologique du département du Pas-de-Calais, arrondissement de Boulogne-sur-mer, ed. Culture et Civilisation, T II, Bruxelles, 421 p.

151. CORLAY (J.P.), 1995. Géographie sociale, géographie du littoral, in Norois, T 42, n° 165, p. 247-265, 1 fig.
152. COSANDREY (C.), 1995. La forêt réduit-elle l'écoulement annuel ?, in Annales de Géographie, n° 581-582, p. 7-25, 2 fig.
153. COUDOUX (J.), 1984. Apports de Landsat à la connaissance de l'activité de la région Nord-Pas-de-Calais, in Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen, n° 28, p. 29-35.
154. COUDOUX (J.), 1986. Composantes paysagiques de bordures forestières dans le Nord de la France: quelques forêts boulonnaises vues de Landsat 1, 2, 3, in Hommes et Terres du Nord, n° 2-3, p. 140-144, 4 fig.
155. COUDOUX (J.), KERGOMARD (C.), PICOUET (P.), 1992. Le Nord-Pas-de-Calais vu de satellite, C.R.D.P., Lille, 163 p, 46 fig.
156. COURSIER (A.), 1982. Boulogne et la mer autrefois, ed. Horvath, Le Cateau, 141 p.
157. COURTECUISSÉ (R.), 1984. Transect mycologique dunaire sur la Côte d'Opale (France) ou étude préliminaire sur les champignons des dunes dans leurs relations avec les principales unités de végétation, mémoire de D.E.A, Paris XI, 118 p.
158. CRESSER (M.), KILLHAM (K.), EDWARDS (T.), 1993. Soils chemistry and its applications, Cambridge University Press, 192 p.
159. DAINVILLE (M.F.), 1955. La Carte de Cassini et son intérêt géographique, in Bull. Assoc. Géog. Franç., n° 247-248, p. 138-147.
160. DAL (?), 1986. Les réserves biologiques domaniales, in La gestion des milieux naturels et de substitution, séminaire Ingéniorat Envar, 10 février 1986, Université des Sciences et Techniques de Lille, Lille I, p. 8-10.
161. DALLERY (F.), 1955. Les rivages de la Somme autrefois-aujourd'hui-demain, in Mémoire de la Société d'Emulation historique et littéraire d'Abbeville, ed. A. et J. Picard et Cie, T IX, 307 p, 117 fig.
162. DAUZAT (A.), ROSTAING (C.), 1978. Dictionnaire étymologique des noms de lieux en France, Paris, 738 p.
163. DAVY (L.), NEBOIT-GUILHOT (R.) (Dir), 1996. Les Français dans leur environnement, Comité National de Géographie, ed. Nathan, Paris, 382 p.
164. DEBRAY (F.), 1873. Liste des plantes assez rares trouvées en août dans les environs de Boulogne, in Bulletin de la Société Linnéenne du Nord de la France, n° 17, p. 262-266.
165. DEBRAY (H.), 1873. Etude géologique et archéologique de quelques tourbières du littoral flamand et du département de la Somme, Extrait des Mémoires de la Société des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille, 53 p, 13 pl.
166. DEBRIE (R.), 1989. Les noms qui désignent la mauvaise terre calcaire dans les parlers de la Somme et des confins, in Eklitra, n° 23, p. 3-15.
167. DE BONNARD (A.H.), 1810. Sur les Tourbières du département du Pas-de-Calais, in Annuaire statistique du département du Pas-de-Calais, p. 121-155.
168. DE CEUNYNCK (R.), THOEN (H.), 1981. The Iron Age settlement at De Panne-Westhoek; ecological and geological context, in Helinium, n° 1, p. 21-42, 11 fig.
169. DE CEUNYNCK (R.), 1985. The Evolution of the Coastal Dunes in the Western Belgium Coastal Plain, in Eiszeitalter und Gegenwart, Hannover, n° 35, p. 33-41, 3 fig.
170. DE DAINVILLE (F.), 1964. Le langage des géographes, ed. A. et J. Picard et Cie, Paris, 383 p.
171. DE FOUCAULT (J.A.), 1960. Berg et Berck, in Revue internationale d'onomastique, T XII, p. 92-94.
172. DE FOUCAULT (B.), 1985. Fractals, géomorphologie et phytosociologie fondamentale, in Colloques phytosociologiques, XIII, Bailleul, p. 85-100.

173. DE FOUCAULT (B.), 1986. Quelques données phytosociologiques peu connues sur la végétation du Boulonnais et de la Côte d'Opale, in Documents phytosociologiques, N.S., Vol XI, Camerino, p. 101-113, 12 fig.
174. DE FOUCAULT (B.), 1992. Le domaine de l'ethnobotanique et ses extensions, in Bull. Soc. Bot. N. France, n° 45, p. 57-64.
175. DE FOUCAULT (B.) et WATTEZ (J.R.), 1993. La végétation herbacée et ligneuse subsistant dans le communal de Merlimont (Pas-de-Calais). Etude phytosociologique, in Bull. Soc. Bot. N. France, 46 (1-2), p. 43-48.
176. DE GISLAIN (G.), 1977. Etangs, garennes et colombiers dans l'ancien droit français, thèse de doctorat en droit, Paris II, 3 T, 1263 p.
177. DE LANGHE (J.E.), DELVOSALLE (L.), DUVIGNEAUD (J.), LAMBINON (J.), 1992. Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines, ed. Du Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique, 4^{ème} ed., Bruxelles, 1092 p.
178. DE LHOMEL (G.), 1911. Le Fief du Halloy, l'Anse d'Eau, la Rue de l'Hôpital Maritime. La Défense des Côtes. Le chemin du Haut-Banc, ed. A. Lafosse, Abbeville, 48 p.
179. DE LHOMEL (G.), 1913. Documents pour servir à l'histoire de Berck, ed. A. Lafosse, Abbeville, 239 p, 3 pl.
180. DE LOISNE (A.), 1904. Dictionnaire topographique du département du Pas-de-Calais, Paris, 499 p.
181. DE VASSELOT (M.), 1875. La dune littorale, in Revue des Eaux et forêts, T IV, p. 129-138.
182. DEHAY (C.), GEHU (J.M.), 1964. La forêt du Touquet. Evolution d'une forêt anthropique, in Bull. Soc. Bot. Fr., 90^{ème} session extraordinaire, p. 131-145.
183. DELAPORTE (E.), 1942. L'évolution du tracé du littoral picard, in Bulletin de la Société d'émulation historique et littéraire d'Abbeville, T VII, p. 491-503.
184. DELAUNAY (A.), LEPOUTRE (B.), 1982. Intérêt de la photographie aérienne pour la reconnaissance et la délimitation des faciès forestiers. Applications à la gestion forestière, in Revue Forestière Française, XXXIV, n° 2, p. 119-128, 4 annexes.
185. DELAUNAY (A.), 1983. Notion de matériau parental. Application de la relation matériau parental-faciès forestier à la cartographie morpho-pédologique des forêts de plaine des zones tempérées, in Revue de Géomorphologie Dynamique, T XXXII, n° 3, p. 89-93.
186. DELAUNAY (A.), 1987. L'influence de la roche et du sol sur le choix des essences forestières, in Forêt entreprise, n° 41, p. 16-27, 4 fig.
187. DELEAU (G.) (dir.), 1992. Les peintres et le Pas-de-Calais, ed. Sogemo, Paris, 157 p.
188. DELECOURT (?), 1899. Notice géographique et historique sur la commune de St-Quentin-en-Tourmont, in dossier « monographie communale », Arch. dép. Somme, Amiens, 4 p.
189. DELELIS-DUSOLLIER (A.), 1974 a. La création d'espaces boisés sur la base de la végétation potentielle naturelle actuelle, in Nord Nature, fasc 2, p. 42-47, 3 fig.
190. DELELIS-DUSOLLIER (A.), 1974 b. Apport à la connaissance phytosociologique des fourrés d'argousier du littoral français de la mer du Nord et de la Manche, in Documents phytosociologiques, fasc 6, Lille, p. 27-40.
191. DELELIS-DUSOLLIER (A.), DELSAUT (M.), 1980. Protection des massifs dunaires dans le Nord de la France, in Nord Nature, fasc 20, p. 28-34.
192. DELELIS-DUSOLLIER (A.), 1985. Observations sur les différences de structure spatiale entre les manteaux forestiers et la forêt, in Colloques phytosociologiques, XIV, Nancy, p. 219-228, 2 fig.

193. DELMAIRE (R.) (dir.), 1994. Le Pas-de-Calais, académie des Inscriptions et Belles Lettres, Ministère de la Culture et de la Francophonie, 2 vol, Paris, 608 p.
194. DELMAIRE (R.), 1976. Etude archéologique de la partie orientale de la cité des Morins, in Mémoires de la Commission Départementale des Monuments Historiques du Pas-de-Calais, T XVII, Arras, 410 p, 59 fig.
195. DEMANGEON (A.), 1905. La Picardie et les régions voisines (Artois, Cambésie, Beauvaisie), ed. A. Colin, Paris, 496 p, 42 fig.
196. DEMANGEOT (J.), 1984. Les milieux « naturels » du globe, ed. Masson, Paris, 280 p, 156 fig.
197. DEMOLY (J.P.), 1987. L'île d'Oleron (Charente-Maritime): étude de géographie physique, thèse de doctorat, Paris VII, 282 p, 34 fig.
198. DENEGRE (J.), 1995. Rôle de l'image satellitale dans le langage cartographique, in Mémoires de la section de géographie physique et humaine, n° 18, Paris, p. 211-220, 3 fig.
199. DERIOZ (P.), 1987. Rythmes et facteurs de croissance chez pins sylvestres et bouleaux en milieu tempéré de plaine durant une même année. L'exemple du Laonnois (Cessières-Aisne), in La Forêt Privée, n° 178, p. 33-45, 5 fig.
200. DERRUAU (M.) (dir.), 1996 a. Composantes et concepts de la géographie physique, ed. A. Colin, Paris, 254 p, 16 fig.
201. DERRUAU (M.), 1996 b. Datations, chronologie radiométrique, in Composantes et concepts de la géographie physique, p. 217-225, 2 fig.
202. DESFORGES (D.), 1996. Littoral Nord-Pas-de-Calais-Picardie: le guide, ed. Casterman, Tournai, 102 p.
203. DESMULLIEZ (J.), LUDO (M.), 1988. Histoire des provinces françaises du Nord, T 1: De la Préhistoire à l'an mil, ed. DES BEFFROIS, Dunkerque, 256 p.
204. DESPEYROUX (Y.), 1989. Hydrodynamique sédimentaire dans la baie de la Canche: aspects fondamentaux et appliqués, thèse de doctorat, Lille I, 93 p, 29 fig.
205. DESREUMAUX (P.J.), 1963 a. Quand le travail des hommes transforme les dunes de sable en Terre Promise, in Le courrier picard, édition du 01-08-63, p. 3-4, 3 fig.
206. DESREUMAUX (P.J.), 1963 b. Quand le travail des hommes transforme les dunes de sable en Terre Promise (suite), in Le courrier picard, édition du 02-08-63, p. 3, 3 fig.
207. DEWAILLY (J.M.), 1984. Tourisme et loisirs dans le Nord-Pas-de-Calais, thèse de doctorat d'Etat, T 2, Paris IV, 1123 p, 231 fig.
208. DEWAILLY (J.M.), 1988. Origine et débuts de Merlimont-Plage (1901-1940), in Les Pays-Bas Français, p. 196-212, 3 fig.
209. DILLY (G.), 1991. Charles Roussel (1861-1936), ed. C.R.A.D.C., St-Josse-sur-mer, 135 p.
210. DILLY (G.), 1992. Jan Lavezzari (1876-1947), ed. C.R.A.D.C., St-Josse-sur-mer, 135 p.
211. DILLY (G.), 1993. Le Legs Lavezzari, in Sucellus, n° 37, p. 2-6.
212. DIRECTION DES ETUDES ET RECHERCHES D'ELECTRICITE DE FRANCE, 1986. Catalogue sédimentologique des côtes françaises. Côtes de la Mer du Nord et de la Manche, ed. Eyrolles, Paris, 406 p.
213. DOLL (D.), 1988. Les cataclysmes météorologiques en forêt, thèse de doctorat, Lyon II, 676 p.
214. DORLY (M.), DUVAL (J.), 1979. Les dunes littorales du Nord de la France, in Revue Forestière Française, XXXI, n° 5, p. 421-434, 9 fig.
215. DOUHERET (J.), 1995. Mieux connaître les propriétaires forestiers pour mieux les aider, in Forêt-entreprise, n° 101, p. 10-12, 2 fig.

- 216.DOUMENGE (F.), PASKOFF (R.), ROBERT (R.), TRZPIT (J.P.), 1996. 7000 kilomètres de littoraux à gérer, in Les Français et leur environnement, ed. Nathan, Paris, p. 95-144, 8 fig.
- 217.DRESCH (J.) (dir.), 1968. Le concept de sol et la méthodologie de l'étude des sols. Mémoires et Documents, Vol 6, C.N.R.S., Paris VII, 112 p.
- 218.DROUIN (J.M.), 1994. Histoire et écologie végétale: les origines du concept de succession, in Ecologie, T 25, n° 3, p. 147-155.
- 219.DUBOIS (G.), 1924. Recherches sur les terrains quaternaires du Nord de la France, thèse de doctorat, Lille, 355 p, 41 fig.
- 220.DUBOIS (G. et C.), 1945. Tableau d'ensemble de l'histoire forestière flamandaise française, in Comptes rendus de l'Académie des Sciences, n° 221, p. 634-636.
- 221.DUBOIS (G. et C.), 1946. Zonation paléosylvatique comparée du Nord-Ouest de la France et du Sud-Est de l'Angleterre, Ann.Soc.Géol.Nord, LXVI, p. 313-320.
- 222.DUBOIS (J.J.), 1975. Note sur les forêts du pays de Montreuil et des Bas-Champs picards, in T.E.R. du Laboratoire de Géographie rurale.Spécial Pays de Montreuil, n° 3, p. 9-35.
- 223.DUBOIS (J.J.), 1989. Espaces et milieux forestiers dans le Nord de la France. Etude de biogéographie historique, thèse de doctorat d'Etat, 2 T, Paris I, 1023 p, 122 fig.
- 224.DUBOIS (J.J.), PETIT-BERGHEM (Y.), 1991. Les risques climatiques dans les forêts du Nord de la France: l'exemple des chablis éoliens de 1990, in Hommes et Terres du Nord, n° 4, p. 218-226, 5 fig.
- 225.DUBOIS (J.J.), 1991. L'approche de la « biogéographie historique »: concepts, méthodes, limites à l'interface de la phytodynamique et de l'histoire forestières, in Colloques phytosociologiques, XX^e, Bailleul, p. 7-13, 1 fig.
- 226.DUBOIS (J.J.), 1992. La dynamique des sylvosystèmes du Nord de la France, in Cahiers Nantais, n° 38, p. 173-192, 7 tab.
- 227.DUBOIS (J.J.), 1996. Espaces et paysages forestiers du Nord-Ouest de la France du XIII^e au XVIII^e siècles: l'apport de la biogéographie historique, in L'uomo e la foresta (13^e -18^e siècle), Istituto F.Datiti (Prato, I), p. 253-296, 6 fig, 6 tabl.
- 228.DUBOIS (J.M.M.), GRENIER (A.), 1990. Evolution littorale récente par télédétection: synthèse méthodologique, in Photo-Interprétation, n° 6, p. 3-16.
- 229.DUBOIS (P.), 1890-1891. Quelques localités nouvelles de la flore du Marquenterre, in Bulletin de la Société Linnéenne du Nord de la France, n° 223, T X, p. 196-200.
- 230.DUBOIS (P.), 1907. Les côtes de la Somme. Première partie: les dunes; Saint-Quentin en-Tourmont et Fort-Mahon, in Notre Picardie, Amiens, n° 13, 1er juillet 1907, p. 201-204.
- 231.DUBOIS (P.), 1908. Sur la côte du Boulonnais: Hardelot et Equihen, in Notre Picardie, XXVII, n° 27, 1^{er} septembre 1908, p. 139-143.
- 232.DUBREUCQ (T.), 1989. Etude sommaire d'ouvrages de défense contre la mer de la baie de l'Authie, in Ann.Soc.Géol.Nord, T CIX, p. 125-130, 6 fig.
- 233.DUCHAUFOR (P.), 1970. Précis de pédologie, ed. Masson, Paris VI, 438 p.
- 234.DUCHAUFOR (P.), TOUTAIN (F.), 1985. Apport de la pédologie à l'étude des écosystèmes, in Bulletin d'Ecologie, T 17, fasc 1, p. 1-9, 4 fig.
- 235.DUCHAUFOR (P.), 1989 a. Pédologie et groupes écologiques. Rôle du type d'humus et du pH, in Bulletin d'Ecologie, T 20, fasc 1, p. 1-6, 1 tabl.
- 236.DUCHAUFOR (P.), 1989 b. Pédologie et groupes écologiques. Rôle des facteurs physiques: aération et nutrition en eau, in Bulletin d'Ecologie, T 20, fasc 2, p. 99-107, 2 fig.
- 237.DUCHAUFOR (P.), 1989 c. Rôle des facteurs biochimiques et physiques du sol dans la nutrition des espèces forestières, in Comptes rendus de l'Académie des Sciences, N° 5, p. 3-10

238. DUCHAUFOUR (P.), 1994. Pédologie-sol, végétation, environnement, ed. Masson, Paris, 4^{ème} ed., 324 p, 85 fig.
239. DUFETELLE (A.), 1899. Notice géographique et historique sur la commune de Quend, in dossier « monographie communale », Arch.dép.Somme, Amiens, 4 p.
240. DUFETELLE (A.), 1907. Le Marquenterre. Monographie de Quend, Abbeville, 178 p.
241. DUHAMEL (F.), 1991 a. Le « Communal » de Merlimont, inventaire Z.N.I.E.F.F.-site n° 45, 2 p.
242. DUHAMEL (F.), 1991 b. Les dunes de Merlimont, inventaire Z.N.I.E.F.F.-site n° 56, 2 p.
243. DUHAMEL (F.), RAEVEL (P.), 1992. Expertise écologique des espaces dunaires concernés par le projet de création d'un troisième golf dans les dunes de Mayville Le Touquet, C.R.E.P.I.S., Le Touquet, Vol 2, 202 p.
244. DUPLAIS (L.), 1895. Berck-sur-mer. Ville et Plage, Coll. Rodière, Paris, 171 p.
245. DUPLESSY (J.C.), 1989. Les leçons du passé, in Pollution, atmosphère et climat, Colloque de Lassay, ed. Larousse, Paris, p. 12-21, 4 fig.
246. DUQUET (M.), 1993. Glossaire d'Ecologie fondamentale, ed. Nathan, Paris, 127 p.
247. DUREAU DE LA MALLE (M.), 1825. Mémoire sur l'Alternance ou sur ce problème: la succession alternative dans la reproduction des espèces végétales vivant en Société est-elle une loi générale de la nature ?, in Annales des Sciences Naturelles, T 5, p. 353-381.
248. DUREL (C.E.), 1992. Reboisements de pins laricio. Bien choisir son matériel végétal, in Forêt-entreprise, n° 83, p. 37-48, 4 fig.
249. DURIN (L.), FRANCK (J.), GEHU (J.M.), 1991. Flore illustrée de la région Nord-Pas-de-Calais et des territoires voisins pour la détermination aisée et scientifique des plantes sauvages, Centre Régional de Phytosociologie, Bailleul, 323 p.
250. DUTERTRE (A.P.), 1926. Observations géologiques et physiographiques dans la région littorale au sud du Boulonnais, in Ann.Soc.Géol.Nord, T 21, p. 3-13.
251. DUTERTRE (A.P.), 1934. Notice archéologique de la tourbe submergée de la Pointe aux Oies à Wimereux, in Bulletin de la Société Préhistorique Française, n° 4, p. 352-359, 1 fig.
252. DUTERTRE-DELEVIELEUSE (E.), 1922. Histoire naturelle de la plage de Berck, Boulogne-sur-mer, 75 p.
253. DUVAL (J.), 1986. Aménagement et gestion des dunes du Nord de la France, Ministère de l'Environnement-Délégation à la qualité de la vie, Escaudoeuvres, 60 p, 108 fig.
254. DUVOSQUEL (J.M.) (dir.), 1989. Albums de croÿ. Comte d'Artois IV, T XX, Bruxelles, 253 p.
255. EHRENBURG (A.), BAEYENS (G.), 1992. Landscape-ecological mapping as basis for management of the Amsterdam waterwork dunes, in Coastal Dunes, ed. R.W.G.Carter, T.G.F.Curtis, M.J.Sheehy-Skeffington, Rotterdam, p. 407-418, 7 fig.
256. ELHAÏ (H.), 1978. Biogéographie, ed. A. Colin, Paris, 404 p, 70 fig, 38 fig h.t.
257. ELIE (M.), LEVÊQUE (E.), 1910. La flore du Touquet et de Paris-Plage, Société Académique de Paris-Plage, Le Touquet-Paris-Plage, 225 p.
258. ELOY (W.), 1986. Les toponymes l'Epine ou Lépine ou Lépinoy en Picardie, in Linguistique picarde, n° 3-4, fasc 100, p. 25-38.
259. ELOY DE VICQ (L.B.), 1876. De la végétation sur le littoral du département de la Somme. Guide pour les herborisations, Paris, 124 p.
260. ELOY DE VICQ (L.B.), 1883. Flore du département de la Somme, Abbeville, 562 p.
261. ELOY DE VICQ (L.B.), BLONDIN DE BRUTELETTE (L.), 1861-1865. Catalogue raisonné des plantes vasculaires du département de la Somme, in Mémoires de la Société Impériale d'Emulation d'Abbeville, X, p. 295-620.

262. ERHART (H.), 1967. La genèse du sol en tant que phénomène géologique, ed. Masson, Paris, 177 p.
263. ESCOURROU (G.), 1981. Climat et environnement: les facteurs locaux du climat, ed. Masson, Paris, 230 p.
264. ESTADIEU-TOUPIOL (M.), 1959. Monographie de la ville de Merlimont, Arras, 11 p, 2 fig.
265. FALINSKA (K.), 1991. La dynamique des phytocénoses et des populations dans les paysages des prairies abandonnées, in Colloques phytosociologiques, XVII, Phytosociologie et paysage, Versailles (1988), p. 459-481.
266. FAVENNEC (J.), 1995. Accueil touristique et protection du milieu sur le littoral aquitain, in Bull. Assoc. Géog. Franç., n° 5, p. 455-461, 2 fig.
267. FAYE (B.), FAYE (P.), GODARD (A.), TOURNAIRE (M.), 1975. Sites et sitologie, ed. J.J. Pauvert, Poitiers, 159 p.
268. FERDIERE (A.), 1988. Les campagnes en Gaule Romaine, T1, ed. Errance, Paris, 301 p.
269. FERRAS (R.), 1992. Niveaux géographiques, échelles spatiales, in Encyclopédie de la Géographie, p. 403-421, 2 fig.
270. FERRAS (R.), CLARY (M.), DUFAU (G.), 1993. Faire de la géographie, ed. Belin, Paris, 207 p.
271. FERRIERE (J.), TRENTESAUX (A.), CHAMLEY (H.), 1993. Le domaine marin du Nord-Pas-de-Calais: nature des fonds et dynamique sédimentaire, in Ann. Soc. Géol. Nord, T 2, p. 23-30, 16 fig.
272. FLAMENT (J.), 1992. Le domaine du Marquenterre. Risque naturel, Aménagement, Valorisation du Milieu, in Les littoraux en France: risques et aménagement, C.R.D.P., Amiens, p. 79-91, 3 fig.
273. FOSSIER (R.), 1974. Chartes de coutume en Picardie (XI ème-XIII ème siècle), in Collection de documents inédits sur l'histoire de France, Vol 10, 634 p.
274. FOSSIER (R.), 1987. Les Eaux du Marquenterre, in Horizons marins-Itinéraires spirituels (V ème-XVIII ème siècles), Vol II « Marins, Navires et affaires », Paris IV, p 147-151.
275. FRIEDBERG (C.), 1992 a. La question du déterminisme dans les rapports homme-nature, in Sciences de la nature. Sciences de la société. Les passeurs de frontière, p. 55-68.
276. FRIEDBERG (C.), 1992 b. Représentation, classification: comment l'homme pense ses rapports au milieu naturel, in Sciences de la nature. Sciences de la société. Les passeurs de frontière, p. 357-371.
277. FURNE (C.), 1899 a. Notice historique sur la Société d'Agriculture de l'Arrondissement de Boulogne-sur-mer, in Bulletin de la Société d'Agriculture de l'Arrondissement de Boulogne-sur-mer, Mémorial du Centenaire (1797-1897), impr. G.Hamain, Boulogne-sur-mer, p. 197-354.
278. FURNE (C.), 1899 b. Le Boulonnais. Etude de géographie physique, économique et sociale, impr. G.Hamain, Boulogne-sur-mer, 184 p.
279. FUSTEC-MATHON (E.), MATARD (C.), DUPUIS (J.), 1967. Pédécologie dunaire du littoral atlantique, in Sciences du sol, n° 2, p. 25-54, 9 fig, 8 tabl.
280. FUSTEC-MATHON (E.), 1970. Contribution à l'étude écologique des milieux dunaires sur le littoral atlantique du Centre-Ouest de la France, thèse de doctorat, Poitiers, 202 p, 56 fig.
281. GABERT (P.), METTON (M.) (dir.), 1992. Commentaire de documents géographiques de la France, S.E.D.E.S., Paris V, 422 p.
282. GADANT (J.) (dir.), 1991. L'Atlas des forêts de France, Ed. J.P. de Monza, Paris, 240 p.

283. GADANT (J.), 1994. La forêt, les savoirs, le citoyen in Revue Forestière Française, XLVI, n° 2, p. 112-115.
284. GALL (J.C.), 1995. Paléoécologie-Paysages et environnements disparus, ed. Masson, Paris, 239 p, 108 fig.
285. GARREC (J.P.), 1994. Les dépérissements littoraux d'arbres forestiers, in Revue Forestière Française, XLVI, n° 5, p. 454-457.
286. GAUSSEN (H.), 1963. Ecologie et phytogéographie, in Précis des Sciences Biologiques, ed. Masson, Paris V, p. 927-972, 9 fig.
287. GAUSSEN (H.), 1967. Sol, climat, végétation, in Intergéo, n° 8, p. 214-218.
288. GEHU (J.M.), ROSE (F.), 1960 a. Comparaison floristique entre les comtés anglais du Kent et du Sussex et le département français du Pas-de-Calais, in Bull.Soc.Bot.N.France, T XIII, n° 2, p. 125-139.
289. GEHU (J.M.), ROSE (F.), 1960 b. L'excursion de la « Botanical Society of the British Isles » dans le Nord de la France. Son apport à la connaissance de la flore et de la végétation du Pas-de-Calais, in Bull.Soc.Bot.N.France, T XIII, n° 1, p. 1-12.
290. GEHU (J.M.), 1963. Importance de certains facteurs dans la microbiologie des sables de dunes, in Annales de l'Institut Pasteur, T 105, n° 2, p. 209-217.
291. GEHU (J.M.), DURIN (L.), 1964. Un siècle de floristique dans le Nord de la France, in Bull.Soc.Bot.Fr., 90 ème session extraordinaire, p. 146-156.
292. GEHU (J.M.), PETIT (M.), 1965. Notes sur la végétation des dunes littorales de Charente et de Vendée, in Bull.Soc.Bot.N.France, T XVII, n° 1, p. 69-79.
293. GEHU (J.M.), TUXEN (R.), 1971 a. Essai de synthèse phytosociologique des dunes atlantiques européennes, in Colloques phytosociologiques, I, Paris, p. 61-70.
294. GEHU (J.M.), GEHU-FRANCK (J.), 1971 b. Données écosystémiques et évaluation de la phytomasse dans le transect dunaire de Wimereux-Ambleteuse (Pas-de-Calais-France), in Colloques phytosociologiques, I, Paris, p. 253-280, 20 fig.
295. GEHU (J.M.), DE FOUCAULT (B.), 1977. Les pelouses à *Tortula ruraliformis* des dunes du Nord-Ouest de la France, in Colloques phytosociologiques, VI, Lille, p. 269-273.
296. GEHU (J.M.), 1978. Bilan écologique des dunes de la Canche (ou dunes de Camiers), Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres, Lille, non paginé.
297. GEHU (J.M.), WATTEZ (J.R.), 1978. La forêt littorale des dunes de Merlimont (*Ligustro-Betuletum pubescentis*) in Documents phytosociologiques, N.S., Vol II, Lille, p. 195-203, 3 fig.
298. GEHU (J.M.), 1979. Présentation de la carte de la végétation potentielle du Nord de la France, Séminaire de Phytosociologie appliquée, Lille, p. 7-10.
299. GEHU (J.M.), GEHU-FRANCK (J.), 1979. Synécologie d'un système dunaire en déflation. L'exemple des Dunes de la Slack, in Actes de Colloques n° 9: Les côtes atlantiques d'Europe, évolution, aménagement, protection, 15-16 mai 1979, Brest, ed. CNEXO, p. 269-276, 1 fig.
300. GEHU (J.M.), 1980 a. Aspects dynamiques de la forêt et des paysages végétaux dans le nord de la France, in Hommes et Terres du Nord, n° 3, p. 6-13, 3 fig.
301. GEHU (J.M.), 1980 b. La phytosociologie aujourd'hui. Méthodes et orientations, in Notiziario della società italiana di Fitosociologia, n° 16, p. 1-16.
302. GEHU (J.M.) (dir.), 1980 c. Les dunes de Merlimont. Projet de Réserve naturelle, Espace Naturel Régional, Wimereux, 37 p.
303. GEHU (J.M.), RIVAS-MARTINEZ (S.), 1981. Notions fondamentales de phytosociologie, in Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde, Vaduz, 33 p.
304. GEHU (J.M.), GEHU-FRANCK (J.), 1982 a. La végétation du littoral Nord-Pas-de-Calais (essai de synthèse), C.R.E.P.I.S., Bailleul, 361 p.

305. GEHU (J.M.), DE FOUCAULT (B.), 1982 b. Analyse phytosociologique et essai de chorologie de l'hygrosère des dunes atlantiques françaises, in Documents phytosociologiques, Vol VII, N.S., Camerino, p. 397-398.
306. GEHU (J.M.), GEHU-FRANCK (J.), 1984 a. Eléments d'informations bioclimatiques à travers le transect dunaire d'Ambleteuse-Wilmereux (62, France). Le microclimat, in Documents phytosociologiques, N.S., Vol VIII, Camerino, p. 275-333, 18 fig.
307. GEHU (J.M.), GEHU-FRANCK (J.), 1984 b. Sur les forêts sclérophylles de chêne et de pin maritime des dunes atlantiques françaises, in Documents phytosociologiques, N.S., Vol VIII, Camerino, p. 219-231.
308. GEHU (J.M.), 1985. La végétation des dunes et bordures des plages européennes, Coll. Sauvegarde de la Nature, Conseil de l'Europe, Strasbourg, 70 p.
309. GEHU (J.M.), GEHU-FRANCK (J.), 1985 a. Eléments d'informations bioclimatiques à travers le transect dunaire d'Ambleteuse-Wimereux (62, France). Le pédoclimat, in Documents phytosociologiques, N.S., Vol IX, Camerino, p. 105-149, 8 fig.
310. GEHU (J.M.), GEHU-FRANCK (J.), 1985 b. L'ormie littorale thermo-atlantique de l'ouest français, in Documents phytosociologiques, N.S., Vol IX, Camerino, p. 401-408.
311. GEHU (J.M.), GEHU-FRANCK (J.), 1986. Indices phytocoenotiques d'ancienneté des forêts, in Hommes et Terres du Nord, n° 2-3, p. 107-109.
312. GEHU (J.M.), 1987 a. Des complexes de groupements végétaux à la phytosociologie paysagère contemporaine, in Informatore Botanico Italiano, Firenze, Vol 18, n° 1-2-3, p. 53-83, 33 fig.
313. GEHU (J.M.), 1987 b. L'oeuvre scientifique du professeur Maurice Hocquette fondateur de la Société de Botanique du Nord de la France et pionnier de la phytosociologie littorale, in Bull. Soc. Bot. N. France, Vol 40, fasc 3-4, p. 3-6.
314. GEHU (J.M.), 1987 c. Les plantes en raréfaction et en danger sur les quatre littoraux français: biotopes et chorologie, in Actes du Colloque Plantes menacées de France. Bilan et Protection, Conservatoire Botanique de Brest, Brest, p. 61-77.
315. GEHU (J.M.), 1988 a. Introduction au colloque « Phytosociologie et paysages », in Colloques phytosociologiques, XVII, Versailles, p. 1.
316. GEHU (J.M.), 1988 b. Sur la notion de cellules paysagères isofonctionnelles, in Colloques phytosociologiques, XVII, Versailles, p. 189-193.
317. GEHU (J.M.), 1988 c. L'analyse symphytosociologique et géosymphytosociologique de l'espace. Théorie et Méthodologie, in Colloques phytosociologiques, XVII, Versailles, p. 11-46, 17 fig.
318. GEHU (J.M.), 1988 d. Couleurs et formes dans les paysages, in Colloques phytosociologiques, XVII, Versailles, p. 335-345.
319. GEHU (J.M.), GEHU-FRANCK (J.), 1988 a. Essai d'évaluation phytocoenotique de l'artificialisation des paysages, in Colloques phytosociologiques, XVII, Versailles, p. 497-512.
320. GEHU (J.M.), WATTEZ (J.R.), 1988 b. Paysages de Picardie occidentale. Etude symphytosociologique, in Colloques phytosociologiques, XVII, Versailles, p. 323-333.
321. GEHU (J.M.), 1989. Sur la fragilité structurale de la frange terrestre des bords de mer et son analyse par les méthodes de la phytocoenotique moderne dans un souci conservatoire, in Colloques phytosociologiques, XIX, Cagliari, p. 37-44.
322. GEHU (J.M.), 1991. La phytodynamique: approche phytosociologique, in Colloques phytosociologiques, XX^e, Bailleul, p. 15-28.
323. GEHU (J.M.), 1993. Check list provisoire des communautés de dunes et cordons littoraux meubles (division des *Ammophila arenariae* de Bolos 1969), in Essai pour un prodrome synsystématique de France, Bailleul, 3 p.
324. GIARD (M.A.), 1861. Note sur la flore du Boulonnais, in Annales Boulonnaises, Boulogne-sur-mer, p. 518-523.

325. GILOT (E.), MUNAUT (A.V.), COUTEAUX (M.), HEIM (J.), CAPRON (S.P.), MULLENDERS (W.), 1969. Evolution de la végétation et datations ^{14}C en Belgique, Centre d'histoire rurale, Publication n° 15, Louvain et Gand, 29 p, 2 fig.
326. GIRARD (J.), 1891. Les rivages de la France (côtes de la Manche et de l'océan) autrefois et aujourd'hui, Paris, 296 p.
327. GIRARD (C.M. & M.C.), 1975. Applications de la télédétection à l'étude de la biosphère, ed. MASSON, Paris, 186 p, 70 fig.
328. GIRARD (M.C. & C.M.), 1989. Télédétection appliquée - Zones tempérées et intertropicales, ed. MASSON, Paris, 260 p, 138 fig.
329. GODARD (O.), LEGAY (J.M.), 1992. Entre disciplines et réalité, l'artifice des systèmes, in Sciences de la nature. Sciences de la société. Les passeurs de frontière, p. 243-257, 1 fig.
330. GODEFROY (F.), 1883. Dictionnaire de l'ancienne langue française et de tous ses dialectes du IX^{ème} au XV^{ème} siècle, Vol 2, ed. F. VIEWEG, Paris, 792 p.
331. GODEFROY (F.), 1884. Dictionnaire de l'ancienne langue française et de tous ses dialectes du IX^{ème} au XV^{ème} siècle, Vol 4, ed. F. VIEWEG, Paris, 798 p.
332. GOELDNER (L.), 1993 a. Nouvelle perception de l'espace dans les marais littoraux: le marais vernier, in Mappemonde, n° 1, p. 15-26.
333. GOELDNER (L.), 1993 b. Géographie et droit du littoral (Compte rendu), in Mappemonde, n° 1, p. 4.
334. GONSSEAUME (C.), 1995. Le chemin de fer d'intérêt local: Berck-Paris-Plage, in Sucellus, n° 40, p. 35-39.
335. GONSSEAUME (J.M.), 1987. La vie d'un chantier naval et les métiers annexes à Berck dans les années 1870, in Revue du patrimoine maritime du Nord-Pas-de-Calais, n° 1, p. 46-49.
336. GOSSELET (J.), 1902. Les galets glaciaires d'Étaples et les dunes de Camiers, in Ann. Soc. Géol. Nord, T XXXI, p. 297-307.
337. GOUNOT (M.), 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation, ed. Masson, Paris, 314 p, 67 fig.
338. GOURHAN (A.L.) (dir), 1988. Dictionnaire de la Préhistoire, P.U.F., Paris, 1222 p.
339. GROS (J.P.), 1991. Examen raisonné de la définition de mots utilisés pour caractériser la forme biologique des végétaux, in Revue de Cytologie et de Biologie végétales-Le Botaniciste, T XIV, fasc. 1, p. 49-57, 2 tab.
340. GROVE (J.), 1988. The Little Ice Age, Methuen Publishers, London / New York, 498 p.
341. GULLON (M.) (dir.), 1981. Nord-Nature, fasc 24, 107 p.
342. GULDEMONT (H.), VAN DEN BERGHEN (C.), 1950. Excursions dans le Boulonnais (avril 1949), in Les Naturalistes Belges, T XXXI, n° 4, p. 71-78, 2 fig.
343. GYSSELING (M.), 1960. Toponymisch Woordenboek van België, Nederland, Luxemburg, Noord-Frankrijk en West-Duitsland voor 1126, 2 Vol, Belgisch Interuniversitaire centrum voor Neulandistiek, 1405 p.
344. HAF (S.J.), 1868. Plantation des dunes de Condette et de Saint-Etienne près de Boulogne-sur-mer, Extrait des Etudes religieuses, historiques et littéraires, Paris, 20 p.
345. HAIGNERE (D.), 1881. Dictionnaire topographique de la France comprenant les noms de lieux anciens et modernes. Arrondissement de Boulogne-sur-mer, Boulogne-sur-mer, 392 p.
346. HAMY (E.), 1864-1872. La charte de commune d'Ambleteuse, in Bulletin de la Société académique de l'arrondissement de Boulogne-sur-mer, T I, Boulogne-sur-mer, p. 139-146.
347. HARBAVILLE (M.), 1992. Département du Pas-de-Calais. Dictionnaire des communes, ed. Res Universis, 2 vol, Paris, 756 p.

- 348.HARTMANN (G.), NIENHAUS (F.), BUTIN (H.), 1991. Les symptômes de dépérissement des arbres forestiers, I.D.F., Paris, 253 p.
- 349.HAY (G.), 1987. Contribution à l'histoire de Merlimont, in Dossiers archéologiques, historiques et culturels du Nord-Pas-de-Calais, T II, n° 25, p. 10-21.
- 350.HENDOUX (F.), 1994. Les dunes de Berck.Diagnostic phytoécologique et floristique sur les terrains du Conservatoire du Littoral.Orientations conservatoires préliminaires, Centre Régional de Phytosociologie, Bailleul, 55 p.
- 351.HENRY (?), 1791. Calendrier historique et topographique du district de Boulogne pour l'année 1791, impr. De Denys-Monsfort, Dunkerque, 87 p.
- 352.HENRY (J.F.), 1810. Essai historique, topographique et statistique sur l'arrondissement communal de Boulogne-sur-mer, Boulogne-sur-mer, 347 p.
- 353.HERREMANS (J.P.), 1992. Pour une forêt plus naturelle, in Réserve Naturelle, n° 5, RNOB, Bruxelles, p. 98-101.
- 354.HEYVAERT (F.), 1980. Première contribution à l'étude des spectres récents dans les vases salées des estuaires picards (Somme et Pas-de-Calais), in Bull.Assoc.Franc.Quat., n° 1-2, p. 35-39, 1 fig.
- 355.HOCQUETTE (M.), 1927. Etude de la végétation et de la flore du littoral de la mer du Nord de Nieuport à Sangatte, Extrait des Archives de Botanique, Mémoire n° 4, T 1, 179 p, 17 fig.
- 356.HOCQUETTE (M.), 1932. La décalcification des dunes du littoral flamand et ses rapports avec la végétation, in Bulletin de la Société Linnéenne du Nord de la France, n° 422, p. 16-32, 1 fig.
- 357.HOLUIGUE (F.), 1986. Alphonse Jean-Baptiste Daloz, in Histoire de Paris-Plage-Bulletin de la Société académique du Touquet-Paris-Plage, p. 45-51.
- 358.HOTYAT (M.), BOUCHOT (B.), 1988. Dynamique et cartographie des formations végétales, in Actes du V ème colloque international de l'Association Française de Géographie physique: Biogéographie-Environnement-Aménagement, ed. C.N.R.S., Paris, p. 37-48, 9 fig.
- 359.HOTYAT (M.), 1990. De l'espace territorial à l'analyse stationnelle: recherche méthodologique pour une approche biogéographique de la forêt française, Habilitation à diriger des recherches, Paris VII, 298 p, 61 fig.
- 360.HOTYAT (M.), 1991. Dynamique forestière et scénarios du futur, in Colloques phytosociologiques, XX, Bailleul, p. 283-291, 3 fig.
- 361.HOTYAT (M.), PROSPER-LAGET (V.), 1996. Les Français et la forêt, in Les Français et leur environnement, ed. Nathan, Paris, p. 182-198, 1 fig.
- 362.HOUTHUYS (R.), DE MOOR (G.), SOMME (J.), 1993. The Shaping of the French-Belgian North Sea Coast throughout Recent Geology and History, in Coastlines of the Southern North Sea, Coastal Zone 93, p. 27-40, 4 fig.
- 363.HOUZARD (G.), 1984. Vers un classement des bioclimats des forêts caducifoliées françaises, in Revue Forestière Française, n° 5, p. 362-374.
- 364.HOUZARD (G.), 1985. Sylvosystème et sylvofaciès.Essai d'étude globale du milieu forestier, in Colloques phytosociologiques, XIV, Nancy, p. 231-236.
- 365.HOUZARD (G.), LECOINTRE (A.), 1988.Biogéographie naturaliste et Biogéographie géographique, in Actes du Vème colloque international de l'Association Française de Géographie physique: Biogéographie-Environnement-Aménagement, ed. C.N.R.S., Paris, p. 9-20, 6 fig.
- 366.HOUZARD (G.), 1991.L'approche du biogéographe, in Colloques phytosociologiques, XX, Bailleul, p. 1-6.
- 367.HUBERT (B.), MATHIEU (N.), 1992. Potentialités, contraintes, ressources: récurrence ou nouveau bien tempéré ?, in Sciences de la nature.Sciences de la société.Les passeurs de frontière, p. 306-319.

368. HUBERT (M.), 1995. Quel avenir pour les petites propriétés boisées à peuplements diversifiés, in Forêt-entreprise, n° 103, p. 11-13.
369. HUBSCHER (R.H.), 1979. L'Agriculture et la Société rurale dans le Pas-de-Calais du milieu du XIX^{ème} siècle à 1914, 2 T, Arras, 951 p.
370. HUSSON (J.P.), 1995. Les forêts françaises, Presses Universitaires de Nancy, Nancy, 258 p.
371. INSTITUT EUROPEEN D'ÉCOLOGIE, 1980. Les effets de « l'enduro des sables » sur les dunes du Touquet à Merlimont, Metz, 33 p.
372. IZARD (M.), REY (P.), 1967. Notions générales d'utilisation des cartes de la végétation, ed. C.N.R.S., Paris VII, 28 p, 7 fig.
373. IZARD (M.), REY (P.), 1969. Notions pratiques de photo-interprétation, C.N.R.S., Paris, 62 p, 11 fig.
374. JABIOL (B.), 1988. Estimation de la fertilité chimique des sols forestiers par interprétation des analyses de sol, in Document interne (E.N.I.T.E.F.), Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Nancy, 2 p.
375. JABIOL (B.), BRETHERS (A.), BRUN (J.J.), PONGE (J.F.), TOUTAIN (F.), 1994. Une classification morphologique et fonctionnelle des formes d'humus. Propositions du référentiel pédologique 1992, in Revue Forestière Française, XLVI, n° 2, p. 152-165, 1 fig.
376. JACOB (C.), 1992. L'empire des cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire, ed. Albin Michel, Paris, 537 p.
377. JANVIER (P.), 1986. Comment évaluer les liens entre structures biogéographiques et événements géologiques ? Une analyse critique des méthodes en biogéographie et paléobiogéographie, in Bulletin des centres de recherches exploration-production ELF-AQUITAINE, vol 10, n° 2, p. 323-332.
378. JELGERSMA (S.), DE JONG (J.), ZAGWIJN (W.H.), VAN REGTEREN ALTENA (J.F.), 1970. The coastal dunes of the western Netherlands; geology, vegetational history and archeology, in Mededelingen Rijks Geologische Dienst, Nieuwe Serie, n° 21, p. 93-167, 39 fig.
379. JESSENNE (J.P.), ROSSELLE (D.), 1989. Florilège des cahiers de doléances du Pas-de-Calais, Coll. « Histoire et littérature régionales », Université Charles de Gaulle, Lille III, 280 p.
380. JOLLIVET (M.) (dir.), 1992. Sciences de la nature. Sciences de la société. Les passeurs de frontières, ed. C.N.R.S., Paris, 589 p.
381. JOLLIVET (M.), LEPART (J.), 1992. Hétérogénéité, diversité, complexité: nuances et convergences, in Sciences de la nature. Sciences de la société. Les passeurs de frontière, p. 373-380.
382. JOLY (D.), 1987. Le paysage climatique. Pour une formulation systématique du climat, in Bull. Assoc. Géog. Franç., n° 2, p. 175-184, 4 fig.
383. JOLY (F.), 1994. La cartographie, Que sais-je ?, P.U.F., 127 p, 16 fig.
384. JONES (P.D.), 1990. Le climat des mille dernières années, in La Recherche, n° 219, p. 304-312, 8 fig.
385. JULLIAN (C.), 1993. Histoire de la Gaule, ed. Hachette, Paris, Vol I, 1270 p.
386. JULVE (P.), 1985 a. Problèmes conceptuels de la définition des unités de perception du paysage végétal en rapport avec la géomorphologie, in Colloques phytosociologiques, XIII, Bailleul, p. 65-84, 4 fig.
387. JULVE (P.), 1985 b. Réflexions sur la structure et la dynamique des lisières forestières. Conséquences sur le synsystème, in Colloques phytosociologiques, XIV, Nancy, p. 55-75, 7 fig.
388. JUNGRIUS (P.D.), 1989. Geomorphology, soils and dune management, in Perspectives in coastal dune management, p. 91-98, 2 fig.

389. JUNGIERUS (P.D.), 1990. The characteristics of dune soils, in Catena, suppl 18, p. 155-162, 2 fig.
390. JUNGIERUS (P.D.), VAN DER MEULEN (F.), 1989. The development of dune blowouts, as measured with erosion pins and sequential air photos, in Catena, vol 16, p. 369-376, 4 fig.
391. KAPFERER (A.D.), 1979. Thomas des dunes, in Hui, n° 6 « Nords singuliers, nord pluriel », p. 17-30.
392. KAPFERER (A.D.), 1982. Entre le mythe et la contrainte: l'eau dans un Moyen Age picard et boulonnais, in Les Quatre éléments dans la culture médiévale, Actes du Colloque des 25, 26 et 27 mars 1982, Centre d'Etudes Médiévales, Université de Picardie, p. 239-250.
393. KAPFERER (A.D.), 1991. Fracas et murmures, ed. Trois Cailloux, Amiens, 236 p.
394. KLEIN (R.), 1994. Le Touquet-Paris-Plage, ed. Normor, Paris, 166 p.
395. KLIJN (J.A.), 1990. The younger dunes in the Netherlands; chronology and causation, in Catena supplement, n° 18, p. 89-100, 4 fig.
396. KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1923. Essai de géographie botanique sur les dunes du golfe du Lion, thèse de doctorat, Paris V, 276 p, 27 fig.
397. LABEAU (A.), 1905 a. Note sur la flore maritime de la mer du Nord, in Feuille des jeunes naturalistes, n° 417, IV ème série, p. 141-143.
398. LABEAU (A.), 1905 b. Note sur la flore maritime de la mer du Nord (suite), in Feuille des jeunes naturalistes, n° 418, IV ème série, p. 149-156, 1 fig.
399. LABILLE (J.), 1858. Les bords de la mer, Boulogne-sur-mer, 216 p, 1 carte h.t.
400. LACAZE (B.), PASSINI (M.F.), 1990. Essai de cartographie des formations végétales d'altitude de la Sierra Juarez (Mexique) à partir de l'Imagerie Spot, in Photo-Interprétation, n° 3-4, p. 12-16.
401. LAMB (H.H.), 1977. Climate: Present, Past and Future, Methuen and Co Ltd, London, Vol 2, 835 p.
402. LANDMANN (G.), 1988. Comment apprécier la vitalité d'un arbre ?, in Revue Forestière Française, XL, n° 4, p. 265-284, 2 fig.
403. LANDMANN (G.), 1994. Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers, in Revue Forestière Française, XLVI, n° 5, p. 405-415, 1 fig.
404. LANGRAND (E.), 1912. Les oyats et le sable, in La Feuille des jeunes naturalistes, n° 500, p. 105-110.
405. LAUMONDRAIS (A.), MAURIN (A.), PAUTRAT (J.), THEPOT (L.), 1982. Technique de télédétection spatiale dans le Nord de la France, in Ann.Soc.Géol.Nord, T CII, p. 53-56, 1 fig.
406. LAURINI (R.), MILLERET-RAFFORT (M.), 1993. Les bases de données en géomatique, ed. HERMES, Paris, 340 p.
407. LAVEZZARI (J.), 1978. Berck d'autrefois, Berck, 7 p, 27 pl.
408. LE BOURDELLES (H.L.), 1986. Les ports de la Canche à l'époque gallo-romaine et dans le haut Moyen Age, in Revue du Nord, n° 1, p. 179-188.
409. LE DUC (J.P.), 1983. Enrésinement, monoculture, nouvelles espèces, in Forêts et protection de la Nature, Fédération Française des Sociétés de Protection de la Nature, Paris, p. 26-32.
410. LE FOURNIER (J.), 1974. La sédimentation holocène en bordure du littoral picard et sa signification dynamique, in Bulletin du Centre de Recherche Pau-S.N.P.A., Vol 8, p. 327-349, 7 fig.
411. LE MANER (Y.), 1993. Histoire du Pas-de-Calais: 1815-1945, Mémoires de la Commission départementale d'Histoire et d'Archéologie du Pas-de-Calais, T XXX, Arras, 265 p.

412. LE RESTIF (J.), 1973. Les étapes de l'occupation humaine entre Canche et Liane (Boulonnais), maîtrise d'Histoire, Paris I, 215 p, 12 cartes.
413. LE ROY LADURIE (E.), 1967. Histoire du climat depuis l'an mil, ed. Flammarion, Paris VI, 376 p.
414. LE ROY MABILLE (?), 1849. Plantation de la pomme de terre en hiver, in Bulletin Agricole, du Commerce, des Sciences et des Arts de Boulogne-sur-mer, n° 71-72, p. 45-49.
415. LE ROY MABILLE (?), 1863. Mon testament de planteur, Boulogne-sur-mer, 31 p.
416. LECLERCQ (I.), 1986. Le littoral, Tableau de bord de l'environnement, Tourcoing, 39 p.
417. LEFEVRE (P.), 1977. Caractères agronomiques de la plaine maritime picarde, in Bull. Assoc. Géog. Franç., Paris, n° 443, p. 148-154.
418. LEFEVRE (P.), ROUVILLOIS (A.), GAFFET (M.A.), BIGNOT (G.), 1980. Alternances de sédimentation marine et continentale durant l'Holocène en plaine maritime picarde, in Bull. Assoc. Franç. Quat., n° 1-2, p. 25-33, 2 fig.
419. LEFEUVRE (J.C.), BARNAUD (G.), 1988. Ecologie du paysage: mythe ou réalités ?, in Bulletin d'Ecologie, T 19, n° 4, p. 493-522.
420. LEFORT (I.), 1993. Approches et représentations scolaires des littoraux (1870-1990), in Mappemonde, n° 1, p. 5-11, 15 fig.
421. LEGRAND (R.), 1985. Vie et Société en Picardie Maritime (1720-1820), Paris, 400 p.
422. LEMAIRE (B.), 1990. Analyse des tableaux de chasse de 1923 à 1989. Etude de l'évolution des captures des populations. Dunes du Mont Saint-Frieux, Espace Naturel Régional, Wimereux, 60 p.
423. LEMEE (G.), 1967. Précis de Biogéographie, ed. Masson, Paris, 358 p, 121 fig.
424. LEMEE (G.), 1978. Précis d'écologie végétale, ed. Masson, Paris, 285 p, 114 fig.
425. LEMEE (G.), FAILLE (A.), PONTALIER (J.Y.), 1991. Dynamique linéaire et cyclique d'une forêt inexploitée: cas des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau, in Colloques phytosociologiques, XX, Bailleul, p. 273-282.
426. LEMEE (G.), 1994. L'enclave comme composante des structures paysagères, in Ecologie, T 25 (4), p. 231-244, 8 fig.
427. LENGLOS (G.), MAGNIEZ (J.M.), SEILLIER (C.), 1988. Loisirs, tourisme et espaces naturels, C.R.D.P., Lille, 158 p.
428. LEPART (J.), ESCARRE (J.), 1983. La succession végétale, mécanismes et modèles: analyse bibliographique, in Bulletin d'Ecologie, T 14, n° 3, p. 133-178, 8 fig.
429. LESAGE (J.C.), 1987. Peintres des côtes du Pas-de-Calais de Turner à Dubuffet, ed. A.M.M.E., St Josse-sur-mer, 151 p.
430. LESTIBOUDOIS (T.), 1827. Botanographie belge, ou flore du Nord de la France, et de la Belgique proprement dite, Paris, T 2, 498 p.
431. LETOCART (J.L.), LETOCART-COUDERETTE (M.L.), REGRAIN (R.), ROLAND (M.), 1980. Cartographie de l'environnement et cartes infographiques des données Landsat: le cas du Marquenterre (Picardie, France), Actes du 105^{ème} congrès national des Sociétés Savantes, Caen, p. 43-50.
432. LEVÊQUE (E.), 1905. Histoire de Paris-Plage et du Touquet. Souvenirs et impressions, Montreuil-sur-mer, 569 p.
433. LONGNON (A.), 1920-1929. Les noms de lieu en France: leur origine, leur signification, leurs transformations, Paris, 831 p.
434. LORIOT (R.), 1975. La recherche dialectologique et onomastique dans le Pas-de-Calais, in Linguistique Picarde, n° 3, fasc. 56, p. 3-8.
435. LOUCHE (B.), CRAMPON (N.), COLBEAUX (J.P.), BRACQ (P.), 1995. Reconnaissance et fonctionnement des hydrosystèmes souterrains dans les dunes et les

- Bas-Champs de Merlimont (Pas-de-Calais), in Hommes et Terres du Nord, n° 1-2, p. 31-39, 7 fig.
- 436.LOZET (J.), MATHIEU (C.), 1990. Dictionnaire de science du sol, ed. Technique et Documentation, Paris, 384 p.
- 437.LUTZ (G.), RIMBERT (S.), TRICART (J.), 1970. Introduction à l'utilisation des photographies aériennes, T 1, Paris V, 247 p, 68 fig.
- 438.MACQUET (P.), 1945. La renaissance de Berck et sa marine après la guerre, Boulogne-sur-mer, 52 p.
- 439.MACQUET-MICHEDEZ (J.J.B.), 1981, Histoire de la marine berckoise. Le pêcheur de Berck et son milieu maritime, Maison des Arts et de la Culture, St-Josse-sur-mer, 341 p, 333 fig.
- 440.MAIGNIEN (R.), 1969. Manuel de prospection pédologique, O.R.S.T.O.M., Paris, 132 p, 25 fig.
- 441.MAINGUET (M.), 1984. Où il faut parler d'écologie, d'épilithe, d'actions éoliennes et de protection des cadres de vie humaine sur la terre, in Travaux de l'Institut de Géographie de Reims, n° 59-60, p. 3-8, 1 fig.
- 442.MAIRE (B.), 1989. Mosaique en baie de Canche. Vie et moeurs d'une région, St-Josse-sur-mer, 203 p.
- 443.MAITI (D.), THOMAS (Y.F.), 1975. Interactions du vent et des plantes en zone dunaire littorale, Mémoire du Laboratoire de Géomorphologie de l'école pratique des hautes études, n° 28, Dinard, 59 p, 10 fig.
- 444.MALBRANCQ (P.), non daté. Histoire des Morins, Evreux, 214 p.
- 445.MANCEL (M.J.), 1863. Les dunes de Saint-Quentin, in Extrait des mémoires de l'Académie d'Amiens, Amiens, 166 p.
- 446.MANIA (J.), PHILIPPART (A.), 1977. Etude des ressources en eau de la zone littorale. Données géologiques et hydrogéologiques acquises à la date du 31 / 4 / 75 sur le territoire des feuilles topographiques au 1 / 25000 de Boulogne (6 à 7)-Montreuil (1 à 8)-Rue (2 à 4), Rapport n° 76 SGN 122 NPA, B.R.G.M., Lezennes, 47 p, 9 fig.
- 447.MARCHAND (J.P.), 1996. Un point de vue sur les relations entre la Société et la Nature, in Historiens et Géographes, n° 352, mars-avril 1996, p. 337-338.
- 448.MARIETTE (H.), 1970. Préhistoire de la Côte d'Opale du mésolithique à la conquête romaine, in Septentrion, T 1, p. 90-96.
- 449.MARIETTE (H.), 1971. L'archéologie des dépôts flandriens du Boulonnais, in Quaternaria, XIV, p. 137-150, 8 fig.
- 450.MASCLEF (A.), 1886. Catalogue raisonné des plantes vasculaires du département du Pas-de-Calais, Paris, 214 p.
- 451.MASSART (J.), 1903. Les conditions d'existence des arbres dans les dunes littorales, in Bulletin de la Société Centrale Forestière de Belgique, p. 243-250 et 328-333, 16 fig.
- 452.MASSET (P.), 1990. La forêt du Touquet en l'an 2000. Projet d'Aménagement pour la période 1990 à 2000, D.D.A.F., Boulogne-sur-mer, non paginé.
- 453.MASSON (F.X.), 1992. Gestion des sols de la région du Nord (France), thèse de doctorat d'Etat, Lille I, 2 T, 568 p, 137 fig.
- 454.MASSOUD (Z.), PIBOUBES (R.) (dir.), 1994. L'Atlas du littoral de France, ed. Jean-Pierre de Monza, Paris, 331 p.
- 455.MAURIN (A.), 1990. Le cadastre en France. Histoire et rénovation, ed. C.N.R.S., Paris, 413 p, 42 pl.
- 456.MAURY (L.F.A.), 1867. Les forêts de la Gaule et de l'ancienne France, Paris, 501 p.
- 457.MEESEMAACKER (M.C.), 1989. Plusieurs aspects de la réserve naturelle de la baie de la Canche et des dunes de Camiers, D.E.U.S.T. Aménagement et Environnement littoral, Lille, 56 p.

- 458.MENUGE-WACRENIER (R.), 1987. La Côte d'Opale à la Belle Epoque, ed. Des Beffrois, 2 T, Dunkerque, 172 p.
- 459.MEQUIGNON (L.), 1994. Télédétection appliquée à l'étude de la végétation littorale.L'exemple de la Réserve Biologique Domaniale de Merlimont, mémoire de maîtrise de géographie, 2 T, Lille I, 66 p, 31 pl.
- 460.MEQUIGNON (L.), 1995. Application de la télédétection spatiale multidates à l'étude de la végétation en milieu dunaire: la Réserve Biologique Domaniale de Merlimont (Pas-de-Calais), mémoire de D.E.A., Lille I, 112 p, 28 fig.
- 461.MERENNE-SCHOUMAKER (B.), 1994. Didactique de la géographie, ed. Nathan, Paris, 255 p.
- 462.MERIAUX (J.L.), TOMBAL (P.), 1985. La végétation indigène et l'aménagement en région Nord-Pas-de-Calais, Rapport de contrat pour le Ministère de l'Urbanisme et du Logement, Institut européen d'Ecologie, Metz, 57 p.
- 463.MERRIEN (J.), 1959. Le livre des côtes de France, T 1, ed. R.Laffont, Paris, 424 p.
- 464.METRO (A.), 1975. Terminologie forestière.Sciences forestières, technologies, pratiques et produits forestiers, Coll. Terminologie forestière multilingue, Paris, 432 p.
- 465.MEUR (C.), 1993. Géomorphologie, protection et gestion des dunes de Bretagne septentrionale, éléments de comparaison avec d'autres régions de la Manche occidentale: Cotentin, Devon, Cornwall (R.U.), thèse de doctorat de l'Université de Bretagne occidentale (Brest), Atelier national de reproduction des thèses, 334 p, 71 fig.
- 466.MEUR-FEREC (C.), 1995. La préservation des espaces naturels littoraux dans le Nord et le Pas-de-Calais: acteurs et politiques d'intervention, in Hommes et Terres du Nord, n° 1-2, p. 2-10.
- 467.MEUROT (L.), 1989. Le domaine du Marquenterre: conciliation entre nature et activités humaines, mémoire de fin d'études, Institut supérieur agricole de Beauvais, 69 p, 17 fig.
- 468.MINISTERE DE LA COOPERATION ET DU DEVELOPPEMENT, 1991. Mémento de l'agronome, Coll. Techniques rurales en Afrique, Paris, 1635 p.
- 469.MIOSSEC (A.), 1990. Restauration et protection des massifs dunaires: une approche méthodologique, in Bull. Assoc. Géog. Franç., n° 4, Paris, p. 307-319, 5 fig.
- 470.MOCQUOT (G.), 1987. Cartes, plans et fortifications de la première moitié du XVI^{ème} siècle in Bulletin des Amis du Fort d'Ambleteuse, n° 42, p. 4-9, 3 fig.
- 471.MOINDROT (C.), 1959. L'eau et les plantes sous climat tempéré, in Norois, n° 24, p. 353-367.
- 472.MONTAIGNE (M.), 1972. La plaine maritime picarde et sa bordure dans la région de la Canche, in Cahiers de géographie physique, n° 1, p. 65-74, 4 fig.
- 473.MORTIER (R.), BOELS (M.), 1981. Histoire de la plaine maritime de Wissant (Pas-de-Calais) depuis le début de l'Holocène, in Ann.Soc.Géol.Nord, T CI, p. 17-22, 3 fig.
- 474.MOTTE (E.), 1983. Observations du domaine de Merlimont-Berck de 1938 à 1982, O.N.F. Lille, 2 p.
- 475.MOUNIER (J.), 1977. Aspects et fréquences de la sécheresse en Bretagne: essai de définition de la sécheresse en Europe océanique, in Revue de Géographie de Lyon, n° 2, p. 167-176, 3 fig.
- 476.MUCHER (H.J.), 1990. Micromorphology of dune sands and soils, suppl 18, p. 163-171.
- 477.MUNAUT (A.V), 1967 a. La forêt ensevelie de Terneuzen, in Industrie, Bruxelles, mois de mars, 7 p, 2 fig.
- 478.MUNAUT (A.V), 1967 b. Recherches paléo-écologiques en Basse et Moyenne Belgique, in Acta Geographica Lovaniensia, Vol 6, 191 p, 18 fig.

479. MUNAUT (A.V.), GILOT (E.), 1977. Recherches palynologiques et datations ^{14}C dans les régions cotières du Nord de la France, in Bull.Assoc.Franc.Quat., n° 3, p. 17-25, 4 fig.
480. MUNAUT (A.V.), 1979. La dendrochronologie, in Bull.Assoc.Franc.Quat., n° 1-2, p. 65-74.
481. MUNAUT (A.V.), GILOT (E.), 1980. Recherches palynologiques et datations ^{14}C dans les régions côtières du Nord de la France. L'Holocène de la Pointe aux Oies (Wimereux, Pas-de-Calais), in Ann.Soc.Géol.Nord, n° 100, p. 23-29, 5 fig.
482. MUNAUT (A.V.), 1980. The submerged forest of « La Pointe aux Oies », in Bull.Assoc.Franc.Quat., n° 1-2, p. 40.
483. MUNAUT (A.V.), 1986. La palynologie: approche historique et problème forestier, in Hommes et Terres du Nord, n° 2-3, p. 89-93.
484. MUNAUT (A.V.), 1988. La forêt gauloise dans le Nord de la Gaule Belgique. Enquête palynologique préliminaire, in Revue du Nord, T LXX, n° 276, p. 5-21.
485. NAGELEISEN (L.M.), 1994. Le dépérissement actuel de feuillus divers: hêtre, merisier, alisier torminal, érable sycomore, peuplier, châtaignier, charme, aulne glutineux, in Revue Forestière Française, XLVI, n° 5, p. 554-559.
486. NEGRE (E.), 1987. Toponymie du hêtre en France, in Nouvelle Revue d'onomastique, n° 9, p. 19-25.
487. NEGRE (E.), 1990. Toponymie générale de la France, publications romanes et françaises, Genève, 3 Vol, 1852 p.
488. NERZIC (C.), 1966. Le vent facteur de tension biogéographique (Essai d'application aux paysages végétaux du Bas Languedoc et du Roussillon), thèse 3^{ème} cycle, Toulouse, 133 p, 52 fig.
489. OVION (?), 1910-1912. Découverte de pilotis dans la tourbière ouverte au sud du château d'Hardelot, in Bulletin de la Société académique de l'arrondissement de Boulogne-sur-mer, T 9, Boulogne-sur-mer, p. 372-373.
490. OZENDA (P.), 1986. La cartographie écologique et ses applications, ed. Masson, Paris, 159 p.
491. PALIERNE (J.M.), 1969. Retour sur la question mal éclaircie des arbres à contreforts: quelques observations faites dans le domaine océanique armoricain et leur interprétation, in Norois, n° 64, p. 503-518, 4 fig.
492. PALIERNE (J.M.), 1975. Les forêts et leur environnement dans les pays ligéro-atlantiques nord. Recherches et Réflexions biogéographiques sur les discontinuités et la dynamique des paysages naturels et humains, thèse de doctorat d'Etat, Rennes, 799 p, 264 fig.
493. PALIERNE (J.M.), 1988. L'aménagement des Landes à l'épreuve du climat: une belle leçon de biogéographie, in Hommes et Terres du Nord, Numéro spécial, p. 146-151, 6 fig.
494. PALIERNE (J.M.), RENAUD (E.), 1990. Quand la forêt cache l'arbre, in Cahiers Nantais, n° 35-36, p. 195-223.
495. PALIERNE (J.M.), 1992. Le vivant et l'inerte: intelligence et stratégies de survie chez les espèces arborescentes, in Cahiers Nantais, n° 38, p. 77-148, 18 fig.
496. PARC NATUREL REGIONAL DU NORD-PAS-DE-CALAIS, 1985. Géologie du Boulonnais, Espace Naturel Régional, 176 p.
497. PASKOFF (R.), 1985. Les littoraux-Impacts des aménagements sur leur évolution, ed. Masson, Paris, 185 p, 99 fig.
498. PASKOFF (R.), 1993. Côtes en danger, ed. Masson, Paris, 247 p, 50 fig.
499. PASKOFF (R.), 1994. Les plages: mécanismes sédimentaires et causes naturelles de leur érosion, in Conférence internationale « Erosion Cotière », 28 et 29 novembre 1994, Observatoire de l'environnement littoral et marin, p. 7-23, 15 fig.

- 500.PASKOFF (R.), 1996 a. Objectif dune! Une reconquête de la nature ?, in Les Ateliers du Conservatoire du Littoral, n° 12, Paris, 7 p.
- 501.PASKOFF (R.), 1996 b. Littoraux, mers, océans, in Composantes et concepts de la géographie physique, ed. A.Colin, Paris, p. 115-130, 7 fig.
- 502.PAUL (F.), PETIT-RENAUD (G.), 1984. Présentation du gisement éolien de la région Nord-Pas-de-Calais, Rapport préliminaire, Université de Lille, 110 p.
- 503.PAUL (F.), 1990. Le vent: un aspect de la spécificité climatique de la France du Nord, in Revue de Géographie de Lyon, Vol 65, n° 2, p. 80-84.
- 504.PAUQUET (K.), 1994. Contribution à l'étude hydrogéologique du milieu dunaire littoral de Merlimont (Pas-de-Calais) et de son substratum crayeux, mémoire de D.E.A., université des Sciences et Technologies de Lille, 84 p, 34 fig.
- 505.PELLETIER (M.), 1990. La carte de Cassini.L'extraordinaire aventure de la France, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Cahors, 263 p, 54 fig.
- 506.PELT (J.M.), 1986. La vie sociale des plantes, ed. Fayard, Paris, 392 p.
- 507.PELTIER (J.P.), 1985. Remarques sur la méthode phytosociologique sigmatiste appliquée au milieu forestier, in Colloques phytosociologiques, XIV, Nancy, p. 93-97.
- 508.PERRIN DE BRICHAMBAUT (C.), 1993. L'humidité de l'air; mesures hygrométriques au sol, in La Météorologie, 8 ème série, n° 2, p.19-27, 8 fig.
- 509.PETIT (D.), 1980. La végétation des terrils du Nord de la France: écologie, phytosociologie, dynamisme, thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille, 250 p, 25 fig.
- 510.PETIT (D.), 1982. La colonisation végétale naturelle des terrils du Nord de la France: ses rapports avec quelques paramètres chimio-édaphiques, in Congrès international des spécialistes en terrils, Essen, p. 105-123, 3 fig.
- 511.PETIT-BERGHEM (Y.), 1991. Les chablis liés aux tempêtes de janvier-février 1990 dans les forêts domaniales de la région Nord-Pas-de-Calais, mémoire de maîtrise, Lille I, 210 p, 58 fig.
- 512.PETIT-BERGHEM (Y.), 1992. Les forêts littorales du Nord de la France: Risques naturels et aménagements humains.Problématique générale et application au massif d'Ecault (Pas-de-Calais), mémoire de D.E.A, Université de Lille I, 184 p, 43 fig.
- 513.PETIT-BERGHEM (Y.), DUBOIS (J.J.), 1995. Les forêts littorales en milieu dunaire: l'exemple de la Réserve Biologique Domaniale de Merlimont (Pas-de-Calais), in Hommes et Terres du Nord, n° 1-2, p. 11-20, 5 fig.
- 514.PETIT-BERGHEM (Y.), 1996 a. La dynamique de la végétation ligneuse dans la Réserve Biologique Domaniale de Merlimont, séminaire de Bordeaux « Biodiversité et protection dunaire » (Programme européen Life 92-FR-013), 2 p, 6 pl.
- 515.PETIT-BERGHEM (Y.), MATYSIAK (J.P.), 1996 b. Quelques données nouvelles sur la réserve domaniale de Merlimont, in Bull.Soc.Bot.N.France, vol 49, fasc 1, p. 1-15, 6 fig.
- 516.PETIT-RENAUD (G.), 1992. Analyse des données climatologiques anciennes dans le Nord de la France, in Hommes et Terres du Nord, n° 4, p. 197-205, 8 fig.
- 517.PICOCHÉ (J.), 1992. Dictionnaire étymologique du français, Les usuels du Robert, Paris, 619 p.
- 518.PICON (B.), 1992. De la double nature de l'interface, in Sciences de la nature.Sciences de la société.Les passeurs de frontière, p. 281-286.
- 519.PINCHEMEL (P.), 1965. La région boulonnaise, C.E.R.E.S., Lille, 1965, 341 p.
- 520.PINCHEMEL (P. et G.), 1995. La face de la Terre, ed. A.Colin, Paris, 515 p, 102 fig.
- 521.PIOU (D.), 1994. De nouveaux dépérissements de pin dans le Nord de la France.Le cas particulier de la forêt d'Orléans, in Revue Forestière Française, XLVI, n° 5, p. 538-546.
- 522.PITTE (J.R.), 1983. Histoire du paysage français, ed. Tallandier, T 1, Paris, 236 p, 24 pl.

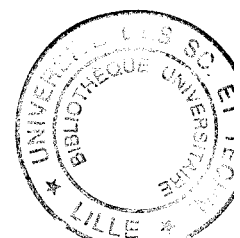
523. PITTE (J.R.), 1992. Quelques remarques sur les méthodes d'analyse du paysage rural, in Bulletin de la Société Belge d'Etudes Géographiques, T LXI, n° 1, p. 2-4.
524. PLAISANCE (G.), 1959. Les formations végétales et paysages ruraux. Lexique et guide bibliographique, ed. Gauthiers-Villars, Paris, 418 p.
525. PLAYOUST-CHAUSSIS (A.), 1976. La vie religieuse dans le diocèse de Boulogne au XVIII ème siècle (1725-1790), Mémoires de la Commission Départementale des Monuments historiques du Pas-de-Calais, T XV, Arras, 410 p.
526. PLUIS (J.L.A.), DE WINDER (B.), 1989. Spatial patterns in algae colonization of dune blowouts, in Catena, vol 16, p. 499-506, 3 fig.
527. PLUIS (J.L.A.), 1995. Development of aeolian features in the dunes of Merlimont, Pas-de-Calais, northwest France, University of Amsterdam, 26 p.
528. POINSOT (C.), ROGER (M.), 1979. Analyse préliminaire des relations entre le milieu et le peuplement humain sur le littoral de Dunkerque, in Bulletin d'Ecologie, T 10, n° 4, p. 291-305, 6 fig.
529. POISSONNET (J. et P.), 1980. Quelques thèmes pour la cartographie de la végétation et du milieu, in Bulletin d'Ecologie, T 11, n° 1, p. 61-65.
530. PONGE (J.F.), ANDRE (J.), BERNIER (N.), GALLET (C.), 1994. La régénération naturelle: connaissances actuelles. Le cas de l'épicéa en forêt de Macot (Savoie), in Revue Forestière Française, XLVI, n° 1, p. 25-45, 3 fig.
531. PRUVOST (A.), 1982. Essai de biogéographie forestière en bois d'Amont (forêt domaniale de Nieppe, Nord), maîtrise de Géographie, Université de Lille I, 253 p, 22 fig.
532. PYE (K.), 1983. Coastal dunes, in Progress in Physical Geography, vol 7, n° 4, p. 531-557, 9 fig.
533. QUENTON (I.), 1992. Fonctionnement hydrogéologique de la plaine littorale. Réserve naturelle de la baie de Canche, Mémoire de D.E.A., Paris VI, 73 p, 30 fig.
534. QUEZEL (P.), 1984. Ecologie et systématique, biogéographie, paléoécologie, in Bulletin d'Ecologie, T 15, n° 2, p. 113-114.
535. QUILLIET (B.), 1991. Le paysage retrouvé, ed. Fayard, Paris, 697 p, 882 fig.
536. RAHIR (E.), 1928. Au pays des Grandes Dunes, ed. M. Devaine, Bruxelles, 155 p.
537. RAMADE (F.), 1993. Dictionnaire encyclopédique de l'Ecologie et des Sciences de l'Environnement, ed. Ediscience international, Paris, 822 p.
538. RAMADE (F.), 1994. Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale, ed. Ediscience international, Paris, 579 p.
539. RAMEAU (J.C.), 1985. Phytosociologie forestière: caractères et problèmes spécifiques. Relations avec la typologie forestière, in Colloques phytosociologiques, XIV, Nancy, p. 687-738, 19 fig.
540. RAMEAU (J.C.), DUME (J.M.), MANSION (D.), 1989. Flore Forestière Française. guide écologique illustré, n° 1, Plaines et collines, I.D.F., Paris, 1785 p, 7 fig.
541. RAMEAU (J.C.), 1990. Comportement dynamique du chêne pédonculé et du chêne sessile dans les successions forestières, in Revue Forestière Française, n° 2, p. 155-161.
542. RAMEAU (J.C.), 1991 a. Phytodynamique forestière: l'approche du phytoécologue forestier. Objectifs, concepts, méthodes, problèmes rencontrés, in Colloques phytosociologiques, XX, Bailleul, p. 29-71.
543. RAMEAU (J.C.), 1991 b. Les grands modèles de dynamique linéaire forestière observables en France. Liens avec les phénomènes cycliques, in Colloques phytosociologiques, XX, Bailleul, p. 241-272, 4 fig.
- 544.
545. RASOOL (I.), 1989. Activités humaines et environnement: les problèmes scientifiques, Pollution, atmosphère et climat, Colloque de Lassay, ed. Larousse, Paris, p. 22-32, 11 fig.

- 546.RAT (M.), 1964. La guerre des Gaules (traduction de l'oeuvre de César), ed. Flammarion, Paris, 247 p.
- 547.REGNAULD (H.), EMELIANOFF (C.), DUBREUIL (V.), 1994. Rythmes, seuils et discontinuités temporels en milieu littoral.L'exemple de Belle-Ile, golfe de Gascogne, in Norois, T 40, n° 159, p. 351-370, 8 fig.
- 548.REGRAIN (R.), 1980. Géographie physique et télédétection des marais charentais, Paris, 512 p, 272 fig.
- 549.REGRAIN (R.), 1981. Un essai géographique sur la genèse des marais littoraux de Picardie, in Hommes et Terres du Nord, n° 2, p. 34-42, 5 fig.
- 550.REGRAIN (R.), 1988. Analyses géographiques d'images satellitaires du Nord et de la Picardie (France): méthodes, résultats et problèmes, in Hommes et Terres du Nord, n° 4, p. 238-245.
- 551.REGRAIN (R.), 1996. La télédétection, in Composantes et concepts de la géographie physique, ed. A.Colin, Paris, p. 205-216.
- 552.REILLE (M.), 1990. Leçons de palynologie et d'analyse pollinique, ed. C.N.R.S., Paris, 206 p, 83 fig.
- 553.RENARD (J.), 1984. Le tourisme: agent conflictuel de l'utilisation de l'espace littoral en France, in Norois, n° 121, p. 45-61.
- 554.RENARD (J.P.), 1987. Etude géographique des marges mitoyennes des régions Nord-Pas-de-Calais, thèse de doctorat d'Etat, 1123 p.
- 555.RENDU (M.), 1863. Des travaux de fixation et de plantation dans les dunes du Pas-de-Calais, in Revue des Eaux et Forêts, T 2, p. 23-30 et p. 97-103.
- 556.REY (P.), 1960. Essai de phytocinétique biogéographique, C.N.R.S., Paris VII, 399 p, 167 fig.
- 557.REY (A.), ROBERT (P.), 1990. Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française, T IV, ed. Les Dictionnaires Le Robert, Paris XI, 1058 p.
- 558.RICHARD (J.F.), 1975. Paysages, écosystèmes, environnement: une approche géographique, in L'Espace Géographique, T IV, n° 2, p. 81-92, 6 fig.
- 559.RICOUART (L.), 1891. Etudes pour servir à l'histoire et à l'interprétation des noms de lieu.Département du Pas-de-Calais, Anzin, 535 p.
- 560.RIGAUX (A.), 1877. Catalogue des plantes vasculaires et des mousses observées dans les environs de Boulogne-sur-mer, 38 p.
- 561.RIOU-NIVERT (P.), 1993. Morphologie et gestion des résineux, in Forêt entreprise, n° 94, p. 34-43.
- 562.RIVET (J.B.), 1970. Berck jadis et naguère, ed. Copie Comete, Paris, 311 p.
- 563.RIVIERE (A.), 1977. Méthodes granulométriques, Techniques et interprétations, ed. Masson, Paris, 170 p, 12 fig.
- 564.ROBIC (M.C.) (dir.), 1992. Du milieu à l'environnement.Pratiques et représentations du rapport homme / nature depuis la Renaissance, ed. Economica, Paris, 343 p, 7 fig.
- 565.ROBIN (A.M.), DUCHAUFOR (P.), 1995. La typologie des stations forestières du massif de Fontainebleau, in Ecologie, T 26, n° 3, p. 159-168, 3 fig.
- 566.ROBIN (M.), 1995. La télédétection, ed. Nathan, Paris, 318 p.
- 567.ROSTAING (C.), 1992. Les noms de lieu, Que sais-je ?, P.U.F., Paris, 127 p.
- 568.ROUBINE (P.), 1962. Evolution morphologique d'une région située entre la Bresle et le nord du bassin de la Canche (Etude photogéologique), thèse de doctorat, Paris, 132 p.
- 569.ROUGERIE (G.), 1983. Les milieux forestiers, P.U.F., Paris, 171 p.
- 570.ROUGERIE (G.), 1988. Géographie de la Biosphère, ed. A. Colin, Paris, 287 p, 20 fig.
- 571.ROUGERIE (G.), 1992. Aspects du cas « paysage » en pays méditerranéen, in Mappemonde, n° 1, p. 4-7, 4 fig.
- 572.ROUGERIE (G.), 1996 a. La biosphère, in Composantes et concepts de la géographie physique, ed. A.Colin, Paris, p. 83-93.

573. ROUGERIE (G.), 1996 b. Géographie physique globale, science du paysage, environnement, in Composantes et concepts de la géographie physique, ed. A. Colin, Paris, p. 155-165.
574. RUELLAN (A.), DOSSO (M.), 1993. Regards sur le sol, ed. Foucher, Universités francophones, 192 p.
575. SAJALOLI (B.), 1994. Histoires d'eau dans le marais de la Souche (Aisne): le fonctionnement de l'hydrosystème, reflet de l'alternance des cycles d'abandon et d'appropriation ?, in Bull. Assoc. Géog. Franç., n° 3, p. 250-266, 2 fig.
576. SAUVAGE (P.), 1992. Les dunes du Mont Saint-Frieux (Pas-de-Calais): un exemple de partenariat européen pour la gestion des espaces naturels sensibles, in Guide des espaces naturels sensibles, Ministère de l'Environnement, p. 113-115, 3 fig.
577. SAVOIE (J.M.), 1990. Catalogue des types de station forestière des dunes littorales aquitaines et du Marensin, Office National des Forêts, Bordeaux, 209 p.
578. SCANVIC (J.Y.), 1983. Utilisation de la télédétection dans les Sciences de la Terre, B.R.G.M., Manuels et méthodes, n° 7, 159 p, 62 fig.
579. SCHAEFFER (R.), MOREAU (R.), 1958. L'alternance des essences, in Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté et des provinces de l'Est, n° 1, p. 3-12.
580. SCHEIBLING (J.), 1994. Qu'est-ce que la géographie, ed. Hachette, Paris, 199 p.
581. SERGEANT, 1986. La Réserve Biologique Domaniale de Merlimont, in La gestion des milieux naturels et de substitution, séminaire Ingénieur Envar, 10 Février 1986, Université des Sciences et Techniques, Lille I, p. 11-12.
582. SERRE-FLOERSHEIM (D.), 1994. Le passé réfléchi par l'histoire, T 1: Le Moyen Age et le XVI^{ème} siècle, les éditions d'organisation, Paris, 223 p.
583. SIAME (L.), 1971. Histoire de Merlimont, in Dossiers historiques et archéologiques, Société des Amis du Passé, Berck-sur-mer, 50 p.
584. SLOET VAN OLDRUITENBORGH (C.J.M.), 1976. Duinstruwelen in Het Deltagebied in Meded.Landbouwhogeschool, 76-8, 1-112 p.
585. SOLTNER (D.), 1982. Les Bases de la production végétale, T 1: Le sol, Coll. Sciences et techniques agricoles, Angers, 456 p.
586. SOMME (J.), 1977. Les plaines du Nord de la France et leur bordure. Etude géomorphologique, thèse de doctorat d'Etat, 2 T, Paris, 810 p, 185 fig.
587. SOMME (J.), 1988. La plaine maritime française de la mer du Nord: évolution holocène et héritage pléistocène, in Campagnes et littoraux d'Europe, Mélanges P. Flatrès, Hommes et Terres du Nord, p. 273-281, 2 fig.
588. SOMME (J.), MUNAUT (A.V.), EMONTSPOHL (A.F.), LIMOUSIN (N.), LEFEVRE (D.), CUNAT-BOGE (N.), MOUTHON (J.), GILOT (E.), 1994. The Watten boring - an Early Weichselian and Holocene climatic and palaeoecological record from the French North Sea coastal plain, in Boreas, Vol 23, p. 231-243, 6 fig.
589. SOUQUET (G.), 1863. Histoire chronologique de Quentovic et d'Etaples, Amiens, 188 p.
590. SPERBER (G.), 1990. La sylviculture: un instrument pour la sauvegarde de la nature, in « Gérer La Nature »-Actes du colloque des 17-18-19 octobre 1989, T 1, Tab n° 15, p. 151-170.
591. STEINBERG (J.), 1990. Les nouvelles perspectives de la cartographie dynamique, in Cartes, Cartographies et géographes, Actes du 114^{ème} congrès national des sociétés savantes, ed. Comité des Travaux historiques et scientifiques, Paris, p. 93-102.
592. STOUTJESDIJK (P.), 1959. Heaths and inland dunes of the Veluwe. A study on some of the relations existing between soil, vegetation and microclimate, North-Holland publishing Compagny, Amsterdam, 96 p, 13 fig.

593. STURGESS (P.), 1992. Clear-felling plantations: Studies in vegetation recovery, in Coastal Dunes, ed. R.W.G. Carter, T.G.F. Curtis, M.J. Sheehy-Skeffington, p. 339-349, 7 fig.
594. SUSZKA (B.), MULLER (C.), BONNET-MASIMBERT (M.), 1994. Graines des feuillus forestiers: de la récolte au semis, I.N.R.A., Paris, 292 p, 106 fig.
595. TEKKE (R.), SALMAN (A.) (eds.), 1993. Coastal dune woodlands along the Atlantic and North sea shores, in Intencal Report Series, n° 4, E.U.C.C. general secretariat, Leiden, 232 p.
596. TERS (M.), DELIBRIAS (G.), DENEFFLE (M.), ROUVILLOIS (A.), FLEURY (A.), 1980. Sur l'évolution géodynamique du Marquenterre (Basse Somme) à l'Holocène et durant le Weichsélien ancien: la série des dépôts marins et continentaux aux environs de Rue, in Bull. Assoc. Franç. Quat., n° 1-2, p. 11-23, 3 fig.
597. THELU (M.), 1879. Les dunes du Nord, in Bulletin de la Société industrielle d'Amiens, T XVII, n° 6, p. 310-377.
598. THOEN (H.), 1986. L'activité des sauniers dans la plaine maritime flamande de l'Age du Fer à l'époque romaine. Le sel des Morins et des Ménapiens, in Revue du Nord, n° 1 spécial hors série, p. 23-46, 16 fig.
599. TISSIER (J.L.), 1996. Du milieu à l'environnement: l'émergence d'un concept dans le discours des géographes français, in Les Français et leur environnement, ed. Nathan, Paris, p. 11-41.
600. TREHONNAIS (F.R. de la), 1879. Le Touquet, histoire d'une forêt, Paris, 10 p.
601. TREHOUX (A.), 1995. Inventaire des principaux types de sols du Nord-Pas-de-Calais par petites régions naturelles (partie occidentale), mémoire de D.E.A., université de Lille I, 183 p, 21 fig.
602. TRIBONDEAU (J.), 1937. L'agriculture du Pas-de-Calais, Ministère de l'Agriculture, Arras, 259 p.
603. TRICART (J.), 1978. Le sol dans l'environnement écologique, in Revue de Géomorphologie Dynamique, Vol XXVIII, n° 1, p. 113-128, 1 fig.
604. TRICART (J.), 1994. Ecogéographie des espaces ruraux, ed. Nathan, Paris, 187 p.
605. VAN BECKHOVEN (K.), 1992. Effects of groundwater manipulation on soil processes and vegetation in wet dune slacks, in Coastal Dunes, p. 251-263, 8 fig.
606. VAN DEN BERGHEN (C.), 1951. L'analyse pollinique et l'histoire forestière récente en Belgique, in Les Naturalistes Belges, T XXXII, n° 1, p. 28-34, 3 fig.
607. VAN DEN BERGHEN (C.), 1964 a. La végétation terrestre du littoral de l'Europe occidentale, in Les Naturalistes Belges, T 45, n° 5, p. 198-219, 16 fig.
608. VAN DEN BERGHEN (C.), 1964 b. La végétation terrestre du littoral de l'Europe occidentale, in Les Naturalistes Belges (suite), T 45, n° 6, p. 251-277, 11 fig.
609. VAN DEN BERGHEN (C.), 1964 c. La végétation de l'Europe occidentale, in Les Naturalistes Belges (suite), T 45, n° 7, p. 299-337, 14 fig.
610. VAN DEN BERGHEN (C.), 1964 d. La végétation de l'Europe occidentale, in Les Naturalistes Belges (suite et fin), T 45, n° 8, p. 393-411, 6 fig.
611. VAN DEN BERGHEN (C.), 1969. En excursion dans les Bas-Champs picards, in Les Naturalistes Belges, T 50, n° 1, p. 34-53, 5 fig.
612. VAN DEN BERGHEN (C.), 1975. La végétation du Boulonnais, in Les Naturalistes Belges, T 56, p. 205-237, 17 fig.
613. VAN DER MEULEN (F.), 1996. Gestion et dynamique des dunes littorales en Europe et en France, in séminaire de Bordeaux « Biodiversité et protection dunaire » (Programme européen Life 92-FR-013), 1 p.
614. VAN GENDEREN (J.), TEN HAAF (C.), BAKKER (T.), NIENHUIS (P.), 1989. Les dunes du Mt St-Frieux. Plan d'aménagement et de gestion, Espace Naturel Régional, 150 p, 54 fig.

615. VASSEUR (L.), 1993. Le groupe de chasse I / 6 à Berck-sur-mer (11 avril-2 mai 1940), in Sucellus, n° 37, p. 17-20.
616. VERBEKE (W.), 1990. Expériences de gestion dans un milieu naturel. Les pelouses calcaires de la partie belge de la montagne Saint-Pierre, in « Gérer La Nature »-Actes du colloque des 17-18-19 octobre 1989, T 1, Tab n° 15, p. 113-126.
617. VERGER (F.), 1968. Marais et wadden du littoral français, Bordeaux, 541 p, 230 fig.
618. VERGER (F.), 1992. Atlas de géographie de l'Espace, ed. SIDES-RECLUS, 289 p.
619. VERHEYE (W.H.), 1991. Le régime hydrique des sols d'Europe, basé sur des données pédologiques et climatologiques courantes. N° 2: Application à la France, in Science du sol, Vol 29, n° 1, p. 37-53, 8 fig.
620. VERLEY (A.), 1978. La cité lacustre de Condette, in Les Dossiers de l'histoire boulonnaise, n° 8, p. 6-9, 2 fig.
621. VIGNON (F.) (dir.), 1978. Documents floristiques, T 1, fasc 4, Institut floristique Franco-Belge, St Valéry-sur-Somme, 92 p.
622. VIGNON (F.) (dir.), 1981. Documents floristiques, T II, fasc 2-3-4, Institut floristique Franco-Belge, St Valéry-sur-Somme, 249 p.
623. VINCENT (A.), 1937. Toponymie de la France, Bruxelles, 418 p.
624. VION (R.), 1873. Liste des plantes assez rares recueillies à St-Quentin-en-Tourmont et aux dunes dans l'excursion du 6 juillet 1873, in Bulletin de la Société Linnéenne du Nord de la France, n° 14, p. 215-215.
625. WALTER (J.M.N.), 1979. Etude des structures spatiales en forêt alluviale rhénane, in Oecologia Plantarum, T 14, n° 3, p. 345-359.
626. WALTERS (S.M.), 1968. *Betula L.* In Britain, in Proc.bot.Soc.Brit.Isles, n° 7, p. 179-180.
627. WATRIN (J.), 1992. De Boulogne à Condette. Une histoire d'amitié. Charles Dickens. Ferdinand Beaucourt-Mutuel, Aire sur la lys, 126 p.
628. WATTEZ (J.R.), 1968. Contribution à l'étude de la végétation des marais arrière-littoraux de la plaine alluviale picarde, thèse de doctorat d'Etat, 2 Vol, 378 p, 74 tabl.
629. WATTEZ (J.R.), 1969. Quelques toponymes flamands, in Le Monde des Plantes, n° 364, p. 7.
630. WATTEZ (J.R.), 1971. La végétation pionnière des panes de dunes situées entre Berck et Merlimont (Pas-de-Calais), in Colloques phytosociologiques, I, Paris, p. 117-131.
631. WIEBER (J.C.), 1987. Le paysage. Questions pour un bilan, in Bull. Assoc. Géog. Franc., n° 2, p. 145-155.
632. WIGLEY (T.M.L.), INGRAM (M.J.), FARMER (G.), 1981. Climate and history. Studies in past climate and their impact on Man, Cambridge University Press, Cambridge, 530 p.
633. WIGNIER (C.), 1884. De la végétation à Berck-Plage, canton de Montreuil-sur-mer (Pas-de-Calais), in Bull.Soc.Bot.Fr., Vol 21, T XXXI, p 22-25.
634. WILSON (P.), 1992. Trends and timescales in soil development on coastal dunes in the north of Ireland, in Coastal Dunes, ed. R.W.G.Carter, T.G.F.Curtis, M.J.Sheehy-Skeffington, Rotterdam, p. 153-162, 2 fig.
635. YELLES (N.), 1993. Tourisme de nature et aménagement littoral: le modèle picard, in Mappemonde, n° 1, p. 27-31.
636. ZAGWIJN (W.H.), 1970. Vegetational History, in Mededelingen Rijks Geologische Dienst, Nieuwe Serie, n° 21, p. 122-132, 9 fig.
637. ZAGWIJN (W.H.), 1984. The formation of the younger dunes on the west coast of the Netherlands (A.D. 1000-1600), in Geological changes in the western Netherlands during the period 1000-1300 A.D., p. 259-268, 11 fig.



RESUME

ETUDE DE LA DYNAMIQUE DES MILIEUX FORESTIERS DU LITTORAL DU NORD DE LA FRANCE

Les forêts littorales localisées entre Boulogne-sur-mer et la baie de Somme sont jeunes, elles ne sont pas antérieures au 19^{ème} siècle.

Qu'elles soient à présent publiques ou privées, ces forêts sont nées à partir d'initiatives personnelles et grâce à la volonté d'hommes déterminés qui ont su se mettre au service de l'intérêt général tout en menant leur propre carrière.

La forêt de Merlimont (Pas-de-Calais) constitue un cas particulier: une dynamique naturelle progressive a conduit à un boisement naturel de feuillus; les plantations résineuses sont tardives et la présence du bouleau est attestée bien avant le 19^{ème} siècle.

L'étude globale des milieux forestiers intègre plusieurs échelles de durée et des méthodes de travail variées mais complémentaires. Les principales séquences historiques conduisant à l'afforestation sont évoquées, la télanalyse est utilisée à partir de 1940 puis complétée à plus grande échelle par une approche de terrain.

mots-clés: Biogéographie, dune, dynamique de la végétation, étude de terrain, forêt littorale, France du Nord-Ouest, Réserve Biologique Domaniale.

ABSTRACT

STUDY OF THE DYNAMIC OF THE COASTAL FORESTRY ENVIRONMENT IN THE NORTH OF FRANCE

The dune forests located between Boulogne-sur-mer and the bay of Somme are young: they date back to the 19th century.

Whether they are public or private, these forests were created thanks to personal initiatives and thanks to the will of resolute men who managed both to help the general interest and to run their own career. The forest of Merlimont (Pas-de-Calais) is a special case: a natural progressive dynamic has led to a natural afforestation of broad-leaved trees; resinous plants are recent and the presence of birches was attested long before the 19th century.

The global study of the forestry environments takes into account several scales of time and various but complementary methods of working. The main historical stages leading to the afforestation are evoked. Teleanalysis was first used in 1940 and then has been complemented on a larger scale by an on-site study.

keys-words: biogeography, dune, vegetation dynamics, on-site study, coastal forest, the North-West of France, Natural Biological Reserve