

**CADRE MÉTHODOLOGIQUE POUR UNE
CARTOGRAPHIE NATIONALE DES VÉGÉTATIONS
NATURELLES ET SEMI-NATURELLES TERRESTRES
EN FRANCE
(2010 – 2018, ET AU DELÀ)**



Version révisée

Mai 2011

COORDINATION :

FÉDÉRATION DES CONSERVATOIRES BOTANIQUEUX NATIONAUX

&

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE - SERVICE DU PATRIMOINE NATUREL

avec la contribution du

CEMAGREF – MAISON DE LA TÉLÉDÉTECTION (UMR TETIS) ET UR EMGR ET EMAX

COMMANDE :

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER



Cadre du travail, contributions et remerciements

Le présent document découle d'une commande du Ministère en charge de l'Écologie (MEEDDAT puis MEEDDM) passée conjointement à la Fédération des Conservatoires botaniques nationaux (FCBN) et aux Conservatoires botaniques nationaux (CBN), au Service du Patrimoine Naturel du Muséum national d'histoire naturelle (SPN-MNHN) et au Cemagref - Maison de la télédétection de Montpellier (MTD – UMR Tetis). Il s'agit d'une proposition de cadre méthodologique d'inventaire et de cartographie des végétations et habitats naturels et semi-naturels de l'ensemble du territoire, répondant à différents objectifs (inter)nationaux à régionaux et locaux.

Coordination et rédaction de la proposition :

Jean Olivier (FCBN), Frédéric Hendoux (CBN Bassin Parisien), Vincent Gaudillat (SPN-MNHN), Michel Deshayes (Cemagref – MTD de Montpellier).

Avec les nombreuses contributions écrites de :

Delphine Salmon et Maëlle Decherf (FCBN), Gilles Corriol (CBN Pyrénées et Midi-Pyrénées), Emmanuel Catteau et Thierry Cornier (CBN Bailleul), Loïc Delassus et Sylvie Magnanon (CBN Brest), Laurent Azuelos (CBN Bassin parisien), Jean-Charles Villaret et Alexis Mikolajczak (CBN Alpin), Olivier Argagnon (CBN Méditerranéen), Julien Guyonneau (CBN Franche-Comté), Guillaume Choynet, Pierre-Marie Le Henaff et Laurent Seytre (CBN Massif Central), Jean Bernard-Brunet, Julien Renaud, Vincent Breton et Sandra Luque (Cemagref Grenoble), Philip Roche, Christophe Bouillon et Marlène Long (Cemagref Aix-en-Provence), Laurent Poncet (SPN-MNHN).

Et la coordination, par territoires d'agrément des CBN, i) de la remontée des correspondances pratiquées entre typologies et ii) de l'enquête et synthèse des cartes et inventaires de végétations et habitats existants, par :

Jean-Charles Villaret (CBN Alpin), Thierry Cornier et Emmanuel Catteau (CBN Bailleul), Olivier Bardet (CBN Bassin parisien, délégation Bourgogne), Jordane Cordier et Rémi Dupré (CBN Bassin parisien, délégation Centre), Jérémy Miroir et Romain Bissot (CBN Bassin parisien, délégation Champagne-Ardenne), Sébastien Filoche et Laurent Azuelos (CBN Bassin parisien, délégation Île-de-France), Sylvie Magnanon et Loïc Delassus (CBN Brest), Christophe Panaïotis (CBN Corse), Julien Guyonneau (CBN Franche-Comté), Laurent Seytre et Benoît Renaux (CBN Massif Central), Olivier Argagnon (CBN Méditerranéen de Porquerolles), Gilles Corriol et Françoise Laigneau (CBN Pyrénées et Midi-Pyrénées), David Paulin (CBN Sud atlantique).

Remerciements (par ordre chronologique de rencontres et contributions au dossier):

Hélène Souan (MEEDDAT), Stéphane Paris (MEEDDAT), Daniel Malengreau (FCBN), Thierry Gauquelin (Président du CS du CBN PMP), Anne Probst (CNRS - Ensa Toulouse), Marie-Hélène O'Donoghue (Ecolab Toulouse), Philippe Le Caro (ex-Service de la Carte de Végétation SCV – Toulouse), Pascale Thevenod (CNRS - DR14), Sophie Léguédois (INRA – Nancy), Jean-Luc Dupouey (INRA – Nancy), Jean-Christophe Calvet (CNRM-Météo France), Christine Delire (CNRM-Météo France), Jean-Louis Roujean (CNRM-Météo France), Hélène Lemonnier (SpotImage), Patrick Mordelet (Cesbio Toulouse), Roberto Meloni (Cemagref - Maison de la télédétection - Montpellier), Jordi Carreras (Université de Barcelone), Josep M. Ninot (Université de Barcelone), Albert Ferré (Université de

Barcelone), Jean-Pierre Dalmas (CBN Alpin), Michel Godron (CS du CBN Alpin), Damien Marage (AgroParisTech-Engref Nancy), Julien Touroult (ONF), Thomax Bouix (ONF), Stéphanie Wurpillot-Lucas (IFN), Fabienne Benest (IFN), Jean-Marc Fremont (IFN), Laurent Coudercy (SOeS), Philippe Dorelon (SOeS), Guillaume Malfait (SOeS), Sébastien Colas (SOeS), Antoine Lévêque (SOeS), Anthony Lehmann (Université de Genève), Nicolas Wiler (Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève), Karin Allenbach (Grid Genève), Pascal Martin (Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève), Jean-Paul Theurillat (Centre Alpin de Phytogéographie/Fondation J.M. Aubert, Université de Genève, Université de Rome III), Sam Provoost (Inbo), Dominique Richard (CTE/BD), Stéphane Guitet (ONF Guyane), François Fromard (Ecolab Toulouse), Laurie-Anne Heno (CETE Normandie-Centre), Pierre Vigné (CETE Normandie-Centre), Pascal Chondroyanis (CBN Alpin), Françoise Duhamel (CBN de Bailleul), Jean-Marc Valet (CBN de Bailleul), Dominique Dhervé (CBN de Brest), Laëtitia Hugo (CBN Corse), François Dehondt (CBN Franche-Comté), Vincent Boulet (CBN du Massif-Central), James Molina (CBN Méditerranéen de Porquerolles), François Boillot (CBN Méditerranéen de Porquerolles), Gérard Largier (CBN Pyrénées et Midi-Pyrénées), Frédéric Blanchard (CBN Sud-Atlantique), Marie Lacoste (CBN de Mascarin), Daniel Lucas (CBN de Mascarin), Jean-Marie Flower (CBAF – Guadeloupe), Elisabeth Chalono (CBAF – Martinique), Guillaume Gigot (FCBN), Julie Chaurand (FCBN), Martine Burnet (FCBN), Elisabeth Dodinet (FCBN), Bruno Dutrève (FCBN), Farid Bensettiti (SPN-MNHN), Katia Herard (SPN-MNHN), Jean-Philippe Sibley (SPN-MNHN), Frédéric Bioret (SFP), Antoine Lombard (MEEDDM), Brigitte Maurizi (MEEDDM), Audrey Coreau (MEEDDM), Arnault Lalanne (MEDDTL), Paul Delduc (MEDDTL).

Référencement du document :

Olivier J., Hendoux F., Gaudillat V. & Deshayes M., (coord.) 2010. *Cadre méthodologique pour une cartographie nationale des végétations naturelles et semi-naturelles terrestres en France (2010-2018, et au delà)*. FCBN, MNHN-SPN, Cemagref, MEEDDM, Paris, 189 p.

Sommaire

INTRODUCTION.....	6
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	7
2. DÉFIS À RELEVER.....	12
A – BILAN DE L'EXISTANT.....	14
1. RECENSEMENT ET MISE EN CORRESPONDANCE DES TYPOLOGIES DE VÉGÉTATIONS ET D'HABITATS.....	15
1.1. <i>Présentation des principales typologies.....</i>	<i>15</i>
1.2. <i>Mise en correspondance des typologies.....</i>	<i>19</i>
2. IDENTIFICATION ET DESCRIPTION DES INVENTAIRES ET CARTES DE VÉGÉTATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT EXISTANTS EN FRANCE ET EN EUROPE.....	25
2.1. <i>Pré-catalogage des inventaires et cartes de végétations et d'habitats en France.....</i>	<i>25</i>
2.2. <i>Focus sur les expériences de cartographies de végétations réalisées sur de grandes superficies.....</i>	<i>38</i>
2.3. <i>Répertoire d'autres sources de données pouvant être utiles à la cartographie des végétations en France.....</i>	<i>67</i>
3. TEST DES POSSIBILITÉS DE LA TÉLÉDÉTECTION POUR L'INVENTAIRE ET LA CARTOGRAPHIE DE VÉGÉTATIONS ET D'HABITATS NATURELS ET SEMI-NATURELS.....	86
3.1. <i>Possibilités de l'imagerie aérienne et satellitale : une description principalement physionomique de la végétation.....</i>	<i>86</i>
3.2. <i>Bilan détaillé des tests réalisés par grands types de milieux.....</i>	<i>89</i>
B – CONSIDÉRATIONS ET CHOIX MÉTHODOLOGIQUES.....	107
1. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.....	108
2. OPTIONS ET CHOIX MÉTHODOLOGIQUES.....	109
2.1. <i>Principes généraux des différentes méthodes possibles de cartographie.....</i>	<i>109</i>
2.2. <i>Pas de temps et étendue de réalisation de la carte.....</i>	<i>111</i>
2.3. <i>Typologie.....</i>	<i>113</i>
2.4. <i>Échelles de réalisation et de restitution.....</i>	<i>115</i>
3. SUR LES APPORTS POSSIBLES DE LA TÉLÉDÉTECTION.....	121
3.1. <i>Milieux herbacés et landes d'altitude.....</i>	<i>121</i>
3.2. <i>Milieux forestiers.....</i>	<i>122</i>
3.3. <i>Milieux méditerranéens.....</i>	<i>123</i>
3.4. <i>Milieux herbacés de plaine et milieux humides.....</i>	<i>124</i>
4. UNE NÉCESSITÉ DE GOUVERNANCE POUR LA CARTE DE FRANCE DES VÉGÉTATIONS.....	125
C – MÉTHODE PROPOSÉE.....	127
0. CADRE GÉNÉRAL.....	128
0.1. <i>Une démarche intégratrice à deux niveaux.....</i>	<i>128</i>
0.2. <i>Plan d'action.....</i>	<i>130</i>
1. PRÉPARATIFS IMMÉDIATS.....	130
1.0 <i>Coordination de la démarche nationale de cartographie des végétations, en France.....</i>	<i>131</i>
1.1. <i>Établissement d'une liste provisoire des associations végétales de France.....</i>	<i>133</i>
1.2. <i>Définition des objectifs et critères d'analyse et remobilisation des cartes et données existantes.....</i>	<i>134</i>
1.3. <i>Constitution d'un système d'information agrégatif sur les végétations de France (SI-VEGE).....</i>	<i>136</i>
2. ÉTAPES OPÉRATIONNELLES (2011-2018).....	138
2.1. <i>Pré-cartographie des végétations attendues (horizon 2012).....</i>	<i>138</i>
2.2. <i>Carte de France des végétations observées (horizon 2018).....</i>	<i>149</i>
2.3. <i>Cartographie fine des végétations et habitats des sites naturels à haute valeur patrimoniale.....</i>	<i>151</i>

2.4. Ré-actualisation de la Carte de France des végétations observées (horizons 2024, 2030...)	152
3. LA CARTE DE FRANCE DES VÉGÉTATIONS COMME BASE AUX PROGRAMMES D'INVENTAIRE ET DE SUIVI DE LA BIODIVERSITÉ.....	153
3.1. Contribution à l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire	153
3.2. CARTographie Nationale des Enjeux Territoriaux de Biodiversité remarquable (CARNET B).....	157
3.3. Trame verte et bleue (TVB).....	158
3.4. Atlas de Biodiversité Communale (ABC).....	158
3.5. Stratégie de Création d'Aires Protégées (SCAP).....	159
3.6. Révision des ZNIEFF.....	160
3.7 Autres programmes.....	160
4. PERSPECTIVES IMMÉDIATES DE MISE EN ŒUVRE.....	162
D – BIBLIOGRAPHIE.....	163
E – ANNEXES.....	168
F – TABLE DES MATIÈRES.....	183
G – RÉSUMÉ.....	188

A ce document général de *Cadre méthodologique*, s'ajoutent des synthèses et rapports particuliers réalisés par les partenaires, portant sur leur travail approfondi de bilan de l'existant (voir Salmon 2010 et Bernard-Brunet *et al.* 2010). Ces rapports sont remis au Ministère en charge de l'Ecologie (MEEDDM) en même temps que le présent document général.

Des *Guides méthodologiques* approfondissant et précisant le présent cadre général sont en outre envisagés (voir partie C.4.) pour la mise en œuvre concrète et effective des différents aspects de la méthode proposée, en déclinaison directe du présent document.

INTRODUCTION

1. Contexte et objectifs

La connaissance des communautés végétales et de leur répartition est aujourd'hui nécessaire afin de répondre à différents enjeux.

Cette connaissance, qui répond notamment aux objectifs de la convention sur la diversité biologique de Rio (1992), a pour but de mieux cerner les enjeux en terme de conservation des communautés végétales et des paysages. Elle concourt ainsi à la définition de différentes politiques publiques de protection du patrimoine naturel menées de l'échelle internationale à l'échelle régionale. Le fondement de ces politiques repose sur la connaissance de la diversité, de la répartition, de la fréquence, de l'état de conservation des communautés végétales et habitats naturels et semi-naturels, ainsi que des pressions qu'ils subissent. Une telle connaissance actualisée fait aujourd'hui défaut en France, au niveau national comme au niveau régional.

Établir une cartographie cohérente, actuelle et évolutive des végétations naturelles et semi-naturelles sur l'ensemble du territoire est donc apparu comme une nécessité.

Ainsi, les termes de la convention multipartite signée avec le Ministère en charge de l'Ecologie et donnant lieu à la présente proposition de cadre méthodologique, stipulait :

«Préambule

L'une des grandes finalités de la stratégie nationale pour la biodiversité [SNB] est le développement de la connaissance et de l'observation de la biodiversité et de son évolution, aussi bien en ce qui concerne les espèces que pour les habitats et les écosystèmes. Or, si les espèces font l'objet d'inventaires nationaux, il n'existe pas à l'heure actuelle de données de répartition précises agrégées sur l'ensemble de la France concernant la répartition des habitats naturels et semi-naturels. Pour autant, de nombreuses sources de données et de connaissances plus ou moins directement liées aux habitats naturels sont déjà disponibles.

*Rassembler, analyser, évaluer et agréger les connaissances déjà existantes et les compléter pour disposer d'un inventaire et d'une cartographie globale des habitats naturels et semi-naturels sur l'ensemble du territoire national métropolitain s'avère maintenant nécessaire pour répondre à **deux enjeux complémentaires mais distincts** :*

- *avoir une connaissance cartographique globale **de l'ensemble des habitats naturels et semi-naturels sur l'ensemble du territoire**¹, métropolitain dans un premier*

¹ Précision sémantique : la notion d'« habitats », telle que mentionnée dans le cadre de notre mission, se réfère à une terminologie utilisée dans différents contextes et recouvrant divers champs sémantiques (voir Boulet, 2003). Elle est notamment utilisée dans le cadre de la mise en œuvre de la directive européenne « Habitats ». Un habitat se caractérise généralement par sa composition floristique et recouvre aussi une dimension fonctionnelle au sens où il est le lieu d'expression de phénomènes abiotiques et biotiques et l'espace de vie de différentes populations d'espèces animales et végétales. Il est à noter que certains habitats sont dépourvus de couverture végétale (grottes, plages

Version finale révisée -v11-05 - 15/05/2011

temps, permettant d'en apprécier et hiérarchiser les enjeux de conservation dans les différents domaines biogéographiques. Ceci notamment pour servir de base à la réflexion sur un réseau écologique national, pour fournir des éléments de diagnostic préalables à la planification territoriale, et pour renforcer la prise en compte de la biodiversité dans les études d'impacts.

- disposer d'une information suffisamment précise sur l'identification et la localisation des habitats présentant des enjeux de conservation et en particulier les **habitats d'intérêt communautaire** pour permettre la surveillance et l'évaluation périodique de ces habitats (obligation de la France au titre des articles 11 et 17 de la directive européenne 'Habitats, faune, flore').

Afin de pouvoir réaliser un inventaire et une cartographie sur tout le territoire, qui réponde de manière scientifique pertinente à ces deux enjeux et soit efficiente en termes de coûts et de temps, il est nécessaire au préalable de construire un cadre méthodologique déployable sur l'ensemble du territoire, qui mobilise autant que possible l'existant et s'appuie sur les supports et outils actuels (photo-interprétation, télédétection...) pour préparer l'inventaire et la cartographie de terrain.

La présente convention porte sur la construction de cette méthodologie de cartographie des habitats naturels et semi-naturels d'intérêt communautaire et des autres habitats naturels et semi-naturels, sur l'ensemble du territoire national. La méthodologie sera ensuite déployée pour réaliser la cartographie proprement dite. [...]

Article 1

[...] Le cadre méthodologique constituant le produit final de ce travail devra permettre une prise en compte spécifique des habitats d'intérêt communautaire [HIC], selon la typologie fixée par la directive Habitats, faune, flore, afin d'en préparer la surveillance et l'évaluation périodique. Il devra être cohérent avec la méthodologie de cartographie des habitats et espèces végétales sur les sites Natura 2000 [Clair et al., 2005] qui vise à répondre aux besoins spécifiques d'élaboration et de suivi des mesures de gestion prévues dans les Docobs. »

Le cadre méthodologique présenté ici constitue le produit final de ladite convention et le possible point de départ de son déploiement « pour réaliser la cartographie proprement dite ».

Il s'agit de disposer d'une 'carte de France des végétations' qui permette, en utilisant l'information contenue dans les bases de données et systèmes d'informations cartographiques, i) de structurer et stratifier la connaissance du patrimoine naturel, ii) d'alimenter les objectifs de politiques publiques de protection de la nature et iii) de renseigner et documenter l'aménagement du territoire au regard de la biodiversité (l'ensemble de ces objectifs i-iii étant bien sûr liés: dans le cadre de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité (SNB) et de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN), et autour du Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP) et de l'Observatoire

nues...). Pour des raisons de clarté méthodologique, nous emploierons ici le terme 'végétations' lorsqu'il s'agira de caractériser le tapis végétal (communautés végétales, formations végétales...). Le terme d'« habitats » sera entendu par la suite dans le sens défini plus haut suivant des typologies dédiées (Corine Biotopes, EUNIS Habitats...) et/ou tout particulièrement utilisé pour désigner les habitats d'intérêt communautaire (HIC) de la directive « Habitats » (dits aussi 'Natura 2000').

National de la Biodiversité (ONB) avec les Observatoires 'thématiques', 'sectoriels', 'régionaux' et 'locaux' de la biodiversité).

Depuis le lancement du présent travail, les objectifs de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité se sont enrichis et précisés, et le rôle des différents acteurs a été redéfini, essentiellement par la loi dite du 'Grenelle de l'environnement (1-2007 et 2-2010)' qui a fait naître ou accélérer certains besoins et précisé certains dispositifs ou moyens.

i) Concernant la 'connaissance du patrimoine naturel', outre l'organisation itérative du travail de cartographie des végétations lui-même, cette cartographie permettra de stratifier les différentes démarches d'inventaire et de suivi, que ce soit pour les végétations et habitats naturels et semi-naturels ou pour les taxons flore et fonge, tout comme pour la faune : l'essentiel des habitats naturels terrestre en France étant d'abord caractérisés par leur couvert végétal. La cartographie des végétations pourra ainsi, en premier lieu, servir de base et de 'support', continus et cohérents, à l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN). D'autres programmes plus spécifiques concernant l'inventaire des taxons (flore en particulier, mais pas seulement) devraient également bénéficier de ce travail : ce sera par exemple le cas de la définition des protocoles harmonisés d'établissement rigoureux et complet des 'listes rouges' des espèces menacées, suivant les critères de l'Union mondiale pour la conservation de la nature (UICN) aux échelons national et régionaux, avec la révision des listes d'espèces végétales protégées, qui en découle. La mise en œuvre des Atlas de la Biodiversité Communale (ABC) pourra également s'appuyer progressivement sur ce travail de cartographie et de stratification de la connaissance écologique du territoire.

ii) Concernant la 'protection de la nature', il pourra s'agir par exemple d'orienter les propositions de compléments du zonage du territoire d'intérêt écologique (Znieff...) ou les plans nationaux d'action en faveur de certains milieux particuliers, comme les zones humides (PNZH...), ou encore de contribuer à (re)définir des aires à protéger (SCAP)... En outre, les informations fournies par la cartographie des végétations devraient permettre d'alimenter et établir des indicateurs d'état et d'évolution de l'environnement et de la biodiversité soit issus directement de la cartographie (avec par exemples : superficie des tourbières, des zones humides, des hêtraies à Houx en France ; distribution des pelouses calcicoles...), soit issus du croisement avec d'autres couches d'informations (niveau de pollution des cours d'eau ou des terres agricoles, par exemple...) ou de toute autre méthode qui pourra être définie dans le cadre de l'ONB et des ORB notamment, ou d'autres Observatoires de la biodiversité (locaux, thématiques, sectoriels...).

iii) Concernant 'l'aménagement du territoire', il s'agit, en analysant le degré d'intérêt patrimonial de chaque type de communauté végétale (ou d'une manière plus synthétique, des ensembles paysagers au sens écologique du terme) pris séparément ou considéré dans son contexte spatio-temporel, de comprendre et décrire la répartition de la biodiversité. Cette information sera particulièrement nécessaire en amont de grands projets d'infrastructures sur le territoire national (programme 'CARNET-B') ou pour contribuer à vérifier la cohérence immédiate, puis permettre les réalisations ultérieures (de générations 2, 3...), des trames vertes et bleues (TVB), du niveau régional au niveau national à international. La mobilisation de cette information sera notamment utile pour établir la réglementation (éventuellement 'opposable') dans le cadre notamment des Plans locaux d'urbanisme (PLU), des Schémas de cohérence territoriale (SCOT) ou des Schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE), ainsi que, également, des possibles grands corridors européens de biodiversité (la France se situant à un carrefour géographique central en Europe occidentale)...

La 'carte de France des végétations' a au demeurant pour objectif pratique de contribuer à répondre aux engagements communautaires de la France en matière d'évaluation de l'état de conservation des 'habitats d'intérêt communautaire' (HIC). Parmi les paramètres demandés par l'Europe au titre de l'article 17 de la Directive 92/43/CEE (dite « Directive Habitats, Faune, Flore - DHFF ») figurent i) l'aire de répartition de chacun des habitats, ii) leurs patrons de distribution spatiale et iii) une estimation de la superficie qu'ils occupent sur le territoire (par grand domaine biogéographique). Sur ces trois points et plus particulièrement sur le dernier, les informations font largement défaut en France ; la dernière évaluation (2007) s'est de ce fait fortement appuyée sur les dires d'experts. L'enjeu est donc également ici de proposer une méthode opérationnelle pour une meilleure appréhension de l'aire de répartition, de la distribution et de la superficie des habitats présents en France, en vue du prochain exercice d'évaluation d'état de conservation (2013) puis des suivants de façon récurrente tous les six ans (2019, 2025, 2031...). Le cadre méthodologique présenté ici prend donc aussi en considération ces échéances annoncées et propose de les anticiper durablement.

Le croisement de l'ensemble de ces informations autour de la 'carte de France des végétations' permettra d'avoir une bonne cartographie réactualisable de l'état et de l'évolution de la biodiversité en France (cf. Figure 1).

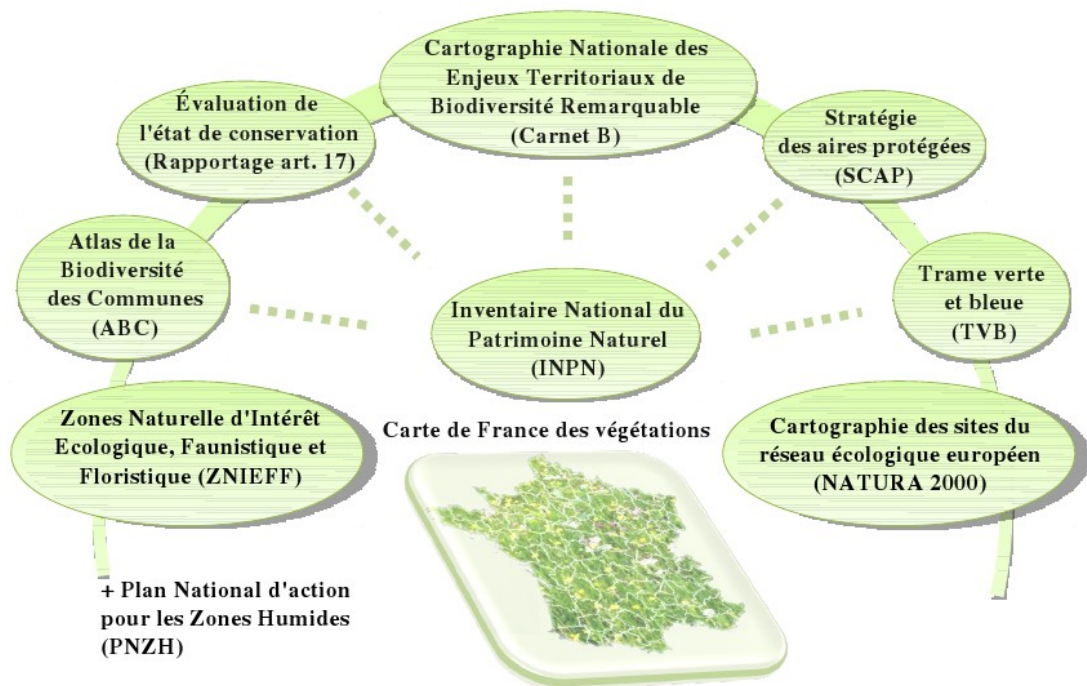


Figure 1. Illustration schématique de l'utilité d'une 'Carte de France des végétations', comme composante majeure de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN), pour divers programmes, relevant notamment de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité (SNB : ABC, Carnet-B, SCAP...), d'aménagement du territoire (Znieff, TVB...), de plans nationaux d'actions (PNZH...) ou d'obligations européennes de la France (Natura 2000, 'rapportage art. 17').

L'objectif de cette proposition de Cadre méthodologique est une cartographie nationale à une échelle relativement intégratrice, mais suffisamment précise pour alimenter les différents projets en cours tout en prenant en compte l'existant (notamment les cartes fines à l'échelle de sites). Pour ce faire, ce Cadre méthodologique propose de constituer et renseigner un système d'information cartographique distribuée, portant sur la structure et la nature du couvert végétal sur l'ensemble du territoire à différentes échelles. Ce système d'information devra répondre aux normes et standards (inter)nationaux en vigueur en matière d'information naturaliste.

2. Défis à relever

Pour répondre aux objectifs précédemment cités, la cartographie doit être :

- complète sur l'ensemble du territoire (pas de vides cartographiques),
- numérique pour être adaptable plus aisément à différents supports et échelles et faciliter les mises à jours et comparaisons ultérieures,
- suffisamment détaillée au niveau des objets « végétation », notamment pour identifier ceux abritant des habitats d'intérêt communautaires (HIC),
- fiable sur la nature des objets cartographiés, et donc basée le plus possible sur de l'observation directe et des typologies reconnues, notamment pour les végétations relevant des HIC, avec une traçabilité de l'information contenue dans les polygones.

Comme nous le verrons plus loin, les sources de données actuellement exploitables, qu'il s'agisse de données de terrain ou de données aériennes ou satellitaires², sont souvent mal adaptées en l'état à l'échelle de travail souhaitée, soit de part leur constitution à des échelles trop fines ou trop larges, soit de part la nature partielle et hétérogène de ces données, ne couvrant qu'une partie du territoire. Techniquement, il s'agit donc de cerner les informations disponibles et les besoins (« quelles sont les données de base existantes et nécessaires ? ») et d'évaluer la capacité à produire les données manquantes et les exploiter pour une cartographie cohérente et harmonisée sur l'ensemble du territoire. Nous devons d'ores et déjà souligner ici la complexité d'un tel projet et la part novatrice qu'il présente. La tâche est considérable puisqu'il s'agit de cartographier de l'ordre de 31 millions d'hectares de végétations naturelles et semi-naturelles sur les quelques 55 millions d'hectares que compte la France métropolitaine, la différence correspondant aux zones artificialisées et/ou aux sols cultivés (cf. plus loin Tableau 12).

Il s'agit ainsi de définir une méthode adaptée à l'ensemble du territoire et reproductible à intervalles réguliers, utilisant au mieux les données et compétences existantes. La réalisation de la 'carte de France des végétations' devrait dans l'idéal pouvoir être réalisée sur une période courte (d'ordre décennal) pour représenter un « instantané » de l'état du couvert végétal.

Pour les habitats d'intérêt communautaire, la prochaine évaluation de leur état de conservation aura lieu en 2013, ce qui constitue un délai très court pour la mise en œuvre du cadre méthodologique de cartographie complète. La méthodologie proposée tient donc compte de cet aspect. Par ailleurs, compte tenu de ces objectifs et des expériences acquises par les différents partenaires sur la problématique de cartographie des communautés végétales et des habitats, il nous a paru indispensable de concevoir un projet qui permette une correspondance entre la carte des végétations ('objet' d'appréhension le plus précis) et une cartographie des habitats. Pour la carte de France des végétations, il est alors nécessaire

² Les trois adjectifs 'satelital', 'satellitaire' et 'satellite' sont utilisés de façon équivalente dans la suite du texte. C'est le fruit de l'histoire assez bien résumée ici, par exemple : <http://www.quebecgeographique.gouv.qc.ca/approfondir/bibliotheque/geoinfo/geoinfo-juillet-2007.asp> En France, le Cemagref recommande plutôt l'usage de 'satellital(e)(s)'.

de choisir une typologie et une (ou des) échelle(s) adéquates répondant aux différents objectifs présentés.

Le cadre méthodologique présenté s'appuie fortement sur un bilan de l'existant (partie A), avec notamment :

- le recensement et la mise en correspondance des typologies d'habitats et de végétations ;
- un catalogage des cartes et inventaires de végétations et de données environnementales existants, accompagné d'une synthèse d'expériences et méthodologies cartographiques mises en œuvre en France et en Europe ;
- un point sur les apports possibles de la télédétection et de ses outils.

Après avoir pesé et posé certaines considérations et options méthodologiques (partie B), la méthode finalement proposée (partie C) a été élaboré sur la base et dans la continuité directe du bilan de l'existant, tout en envisageant la mise en oeuvre d'un important travail cohérent de précision des référentiels et d'approfondissement des connaissances, de qualification et d'amélioration de l'existant, et de description de l'organisation biogéographique et physionomique actuelle du territoire et de son couvert végétal, avec d'indispensables observations de terrain conséquentes et une articulation entre les différentes échelles de travail. Cette proposition appelle une projection à relativement long terme (10 ou 20 ans au moins) impliquant une amélioration graduelle et toujours accrue de la connaissance et des moyens de l'acquérir, fondée sur un auto-apprentissage et une stratégie d'(auto)formation partagée en conséquence.

A – BILAN DE L'EXISTANT

1. Recensement et mise en correspondance des typologies de végétations et d'habitats

Différentes « typologies »³ de végétations sont aujourd'hui en usage en France et en Europe. Dans notre pays, il s'agit principalement : de la **typologie phytosociologique**, de **Corine Biotopes**, et, dans le contexte de l'application de la directive « Habitats », de la **nomenclature Natura 2000**. De manière à disposer d'une vision d'ensemble, il faut également mentionner la **classification des habitats du Paléarctique** et **EUNIS Habitats**, qui sont les successeurs de Corine Biotopes, ainsi que les **Cahiers d'habitats**, déclinaison française de la nomenclature Natura 2000.

1.1. Présentation des principales typologies

1.1.1. La typologie phytosociologique

La phytosociologie est une science qui étudie les communautés végétales⁴ et leurs relations avec le milieu. Une fois décrites, ces communautés sont classées dans un système hiérarchique à plusieurs niveaux (de la « classe » à l'« association ») qualifié de « synsystème phytosociologique » (cf. Encadré 1). Deux approches coexistent en France, l'approche classique sigmatiste et l'approche synusiale.

Le Prodrôme des Végétations de France (PVF 1) publié en 2004 (Bardat *et al.*) est actuellement considéré par le Muséum national d'histoire naturelle comme le référentiel national pour la classification phytosociologique sigmatiste. Ce référentiel aborde tous les types de végétations phanérogamiques⁵ de France métropolitaine (y compris marines), ainsi que les végétations de charophytes⁶, et les présente sous la forme d'un synsystème, du niveau de la « classe » à celui de la « sous-alliance ». Il recense 712 unités réparties en 76 classes. Ce référentiel est dans une certaine mesure en cohérence avec d'autres référentiels phytosociologiques nationaux européens et respecte les règles du Code international de nomenclature phytosociologique (Weber *et al.*, 2000). Il présente le grand avantage d'être issu directement de la recherche phytosociologique et s'appuie sur des publications scientifiques reconnues.

Au niveau « association » (unité de base de la classification), différentes synthèses existent, notamment à des échelles régionales, mais il n'existe pas pour l'instant de référentiel national. Afin de palier à cette lacune un travail de déclinaison du prodrôme jusqu'au niveau

³ Ici et dans la suite du document, pour des raisons pratiques, le terme « typologie » peut être utilisé dans un sens large englobant les notions de « typologie » au sens strict, de « nomenclature » et de « classification ».

⁴ Selon Géhu (2006), ensemble plus ou moins homogène et structuré de plantes appartenant à une aire et un milieu déterminés.

⁵ Phanérogames : plantes à fleurs.

⁶ Charophytes : groupe d'algues proche des bryophytes (mousses, hépatiques et sphaignes).

association (et infra) a été entrepris dans le cadre d'une collaboration entre la Société française de phytosociologie (SFP), la Fédération des Conservatoires botaniques nationaux (FCBN) avec le réseau des Conservatoires botaniques nationaux (CBN) et le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) (cf. Bioret & Royer 2009 pour de plus amples informations). À l'occasion de ce travail, le synsystème tel qu'il est présenté dans le prodrome de 2004 peut faire l'objet de modifications. Les synthèses par classes sont ensuite publiées dans le Journal de botanique de la Société botanique de France (SBF) constituant ainsi progressivement le « PVF2 ». À ce jour, huit classes ont été validées, parmi lesquelles trois ont été publiées : *Cardaminetea hirsutae* (de Foucault, 2009), *Polygono-Poetea annuae* (de Foucault, 2010) et *Saginetea maritimae* (de Foucault & Bioret, 2010).

Encadré 1 – Dénomination des groupements végétaux dans la classification phytosociologique

Un groupement végétal est nommé à partir d'une ou deux de ses espèces. Un suffixe, spécifique au rang occupé par le groupement, est ajouté au radical du nom de genre de la première espèce (en gras ci-dessous).

* **Classe** (suffixe **-etea**) : ex. : *Salicetea purpureae* (Forêts et fourrés riverains à bois tendre)

o **Ordre** (suffixe **-etalia**) : ex. : *Salicetalia purpureae* (Saulaies arbustives)

+ **Alliance** (suffixe **-ion**) : ex. : *Salicion triandrae* (Saulaies arbustives collinéennes)

Association végétale (suffixe **-etum**) : ex. : *Saponario officinalis-Salicetum purpureae* (Saulaie arbustive à Osier rouge et Saponaire officinale)

1.1.2. Corine Biotopes, classification des habitats du Paléarctique et EUNIS Habitats

La typologie **Corine Biotopes** a été publiée en 1991 (Devillers *et al.*). Il s'agit d'un système hiérarchisé de classification des habitats de l'Europe de l'Ouest élaboré dans le cadre du programme Corine (Coordination of Information on the Environment). L'objectif était d'identifier et de décrire les biotopes d'importance majeure pour la conservation de la nature au sein de la Communauté européenne. Dans cette typologie, les habitats naturels et semi-naturels sont plus ou moins détaillés selon les cas avec une précision accrue pour les types de végétations considérés comme ayant un fort intérêt patrimonial en Europe de l'Ouest, les types d'habitats plus artificiels ou anthropogènes sont traités plus sommairement. Enfin, certains types d'habitats sont absents (une partie importante des ourlets mésotrophiles par exemple). La typologie s'appuie largement sur la classification phytosociologique, mais y mêle des dimensions supplémentaires relatives à l'écologie fonctionnelle, la physiographie, la physionomie de la végétation, la répartition géographique des habitats... En l'absence d'une édition française, une traduction, limitée aux habitats

présents en France (mais présentant quelques lacunes), soit 1478 unités⁷ sur les 2584 que compte la typologie, a été réalisée en 1997 (Bissardon & Guibal).

Utilisée en France par un grand nombre d'organismes impliqués dans la conservation et la gestion des milieux naturels, avec l'impulsion des services du ministère en charge de l'Écologie, on la retrouve comme typologie de nombreuses cartographies de végétations et de nombreux inventaires (voir plus loin les résultats de l'enquête sur les cartographies et inventaires réalisée dans le cadre du présent travail) ainsi que dans certains ouvrages de vulgarisation sur la végétation (cf. par exemple Lepart, 2007).

La **classification des habitats du Paléarctique** a été publiée en 1996 (Devilliers & Devilliers-Terschuren). Elle succède à la typologie Corine Biotopes en l'étendant à l'ensemble du domaine paléarctique⁸. La « classification paléarctique » concerne en priorité les habitats des pays membres du Conseil de l'Europe. Elle s'avère plus complète pour les habitats des pays de l'Europe communautaire et reste peu détaillée pour les autres secteurs géographiques (Afrique du Nord, péninsule arabique, Asie...). Sa dernière version date de 2001 (Devilliers *et al.*) et comporte 6228 unités.

EUNIS (European Nature Information System) **Habitats** (European Topic Centre on Biological Diversity, 2008) est un système hiérarchisé de classification des habitats européens construit à partir de la typologie Corine Biotopes, de la classification paléarctique et de plusieurs classifications d'habitats marins. Par rapport à ces deux typologies, la classification EUNIS se caractérise notamment par une restructuration des 3 (parfois 4) premiers niveaux d'habitats et un important développement de la partie consacrée aux habitats marins. Les milieux terrestres de niveau plus fin sont généralement repris de la classification paléarctique. EUNIS Habitats comporte des correspondances vers de nombreuses autres typologies d'habitats. On y trouve également des clés de détermination des habitats jusqu'au niveau 3 (ou 4). Cette classification succédant à Corine Biotopes et à la classification paléarctique fait actuellement référence au niveau européen. Afin de rendre cette typologie plus accessible, une traduction ciblée sur les codes présents en France a été lancée par l'IFREMER pour les milieux marins et par le MNHN pour les milieux terrestres.

1.1.3. Natura 2000 et les Cahiers d'habitats

Parallèlement, la directive européenne « Habitats » de 1992 a instauré la **nomenclature Natura 2000**. Son annexe I liste 231 habitats dits d'intérêt communautaire (HIC) car rares, menacés ou représentatifs d'une région biogéographique, identifiés comme devant être préservés au sein de l'Union européenne. Cette nomenclature est hiérarchique en ce sens que les habitats sont regroupés par grands types de milieux, mais en eux-mêmes, ils concernent des ensembles de groupements végétaux de taille très variable : une seule association végétale pour les « Hêtraies du *Luzulo-Fagetum* » (UE 9110) alors que les « Pelouses sèches semi-naturelles et faciès d'emboisement sur calcaires » (UE 6210) en

⁷ Dans Corine Biotopes, la classification des habitats du Paléarctique et EUNIS Habitats, chaque « unité » est définie par un code et un intitulé, généralement accompagnés d'une correspondance phytosociologique et d'un descriptif.

⁸ Régions tempérées et boréales de l'Eurasie et de l'Afrique du Nord.

concernent de l'ordre de 150. La nomenclature Natura 2000 s'est appuyée au départ sur la typologie Corine Biotopes ; elle a ensuite été précisée au travers du manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne (European Commission, 2007), appelé communément EUR 27. Ce dernier donne pour chaque habitat d'intérêt communautaire une définition officielle et propose une correspondance indicative avec la classification des habitats du Paléarctique. Le concept d'habitat développé dans ce manuel est plus large que les seules communautés végétales, incluant des notions fonctionnelles et de biotope pour la faune et la flore, la végétation étant considérée ici comme l'expression de l'habitat et donc utilisée majoritairement pour l'identifier.

En France, afin de répondre à la demande d'une description adaptée au cadre national et qui prenne mieux en compte la diversité et la variabilité des habitats d'intérêt communautaire, des **Cahiers d'habitats** ont été rédigés (Bensettiti *et al.*, 2001-2005). Ils constituent en quelque sorte la déclinaison française de la nomenclature Natura 2000. Coordonnés par le MNHN, ils ont été élaborés par des groupes d'experts répartis en fonction des grands types de milieux (rocheux, pastoraux, littoraux, forestiers...). Sur les 131 habitats présents en France (voir Annexe 1), 122 sont traités dans les Cahiers d'habitats. Chaque habitat est décliné en plusieurs habitats dits élémentaires faisant l'objet d'autant de fiches de synthèse (626 au total) dans lesquelles figurent notamment les unités phytosociologiques concernées et des correspondances vers la typologie Corine Biotopes.

Dans le cadre du présent projet, le Service du Patrimoine Naturel du MNHN a réalisé un travail de recueil et mise en base de données de ces typologies, et de rédaction de métadonnées détaillées. Elles sont téléchargeables sur le site de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel - INPN (<http://inpn.mnhn.fr/isb/download/fr/refHabitats.jsp>). Cette mise à disposition constitue une étape importante pour toute utilisation de données faisant référence à ces typologies. Elle permet en outre de répondre aux difficultés rencontrées jusque-là dans l'accès à des versions informatiques de ces typologies et au problème posé par l'utilisation de versions de provenances diverses non clairement référencées.

À noter aussi qu'il existe en France d'autres typologies et/ou référentiels de description des milieux naturels et des végétations, par exemple spécifiques aux zones humides (MedWet...) ou au milieu forestiers (catalogue des 'stations forestières' de l'IFN...), que nous ne détaillons pas ici.

1.2. Mise en correspondance des typologies

Pour ce cadrage méthodologique, l'une des modalités était de s'appuyer au mieux sur les connaissances et données existantes. Or il faut noter que les inventaires et cartographies de végétations/habitats que l'on peut recenser s'appuient sur diverses typologies : typologie phytosociologique, Corine Biotopes, Natura 2000... De manière à pouvoir exploiter ces cartographies et inventaires au mieux, il est donc apparu indispensable et central de réaliser une mise en correspondance de ces typologies.

Ce chantier a été confié au Service du Patrimoine Naturel (SPN) du MNHN, avec la contribution et l'appui du réseau des CBN. Bien qu'il soit en cours, il est déjà possible d'en tirer quelques enseignements.

Il est à noter que plusieurs projets de mise en correspondances, outre celui présenté ci-après, existent aussi, par exemple entre des typologies spécifiques aux zones humides et la typologie Corine Biotopes.

1.2.1. Définition des unités

L'utilisation de ces typologies révèle souvent un manque de précision dans la définition donnée aux unités et/ou une difficulté à accéder à une information détaillée, ce qui laisse place à des interprétations diverses et complique singulièrement le travail de mise en correspondance.

Au niveau de la classification phytosociologique, le Prodrome des Végétations de France (PVF) constitue une avancée importante en ce qu'il permet de bénéficier d'un référentiel clair. Néanmoins, l'absence dans ce document de diagnose détaillée pour chaque groupement végétal et de mention d'espèces caractéristiques rend son utilisation délicate pour un public n'ayant pas accès à la littérature phytosociologique.

Corine Biotopes comporte pour sa part un certain nombre d'unités sans descriptif ou dont le descriptif est réduit voire confus. Par exemple les friches anthropogènes qui correspondent à plusieurs alliances phytosociologiques ne sont traitées qu'au travers de deux unités, 87.1 « Terrains en friche » et 87.2 « Zones rudérales », qui ne sont définies que par leurs intitulés. Dès lors, l'utilisation de telles unités devient délicate.

Malgré l'existence du manuel d'interprétation EUR 27, l'interprétation des habitats d'intérêt communautaire reste aussi dans bien des cas difficile, les définitions données n'étant pas toujours suffisamment précises ou explicites et n'intégrant pas toujours les décisions prises lors des « séminaires biogéographiques » qui se sont tenus dans le cadre de la mise en place du réseau Natura 2000. Ceci conduit à des divergences d'interprétation entre pays, mais parfois aussi entre régions d'un même pays. Les Cahiers d'habitats répondent en partie à ce problème pour la France.

1.2.2. Recouvrements et redondances entre unités

Au sein d'une même typologie, la logique de définition des unités peut varier, créant ainsi des hétérogénéités et des recouvrements. Ceci conduit à des correspondances multiples et pose des problèmes de codage/cartographie des végétations/habitats observées sur le terrain.

Par exemple, la plupart des habitats d'intérêt communautaire sont caractérisés au travers de leur végétation, mais l'habitat UE 8240 « Pavements calcaires » est avant tout défini sur une base géomorphologique. Il abrite une mosaïque de végétations (végétations de fissures, éléments de pelouses ou de landes, etc.) dont certains éléments pris individuellement peuvent être rattachés à d'autres habitats d'intérêt communautaire : UE 6110 pour les végétations des dalles calcaires de l'*Alyssa alyssoidis-Sedion albi*, UE 6210 pour les pelouses calcicoles du *Mesobromion erecti* et du *Xerobromion erecti*.

On peut également citer le cas des bas-marais dunaires. L'habitat Natura 2000 UE 7230 « Tourbières basses alcalines » correspond à l'ensemble des bas-marais alcalins, y compris les bas-marais dunaires. L'habitat UE 2190 « Dépressions humides intradunaires » intègre quant à lui également les bas-marais dunaires. Ainsi, en l'absence de consignes claires quant aux priorités de rattachement, les bas-marais dunaires peuvent être rattachés à l'un ou l'autre de ces deux habitats d'intérêt communautaire (cf. Figure 2).

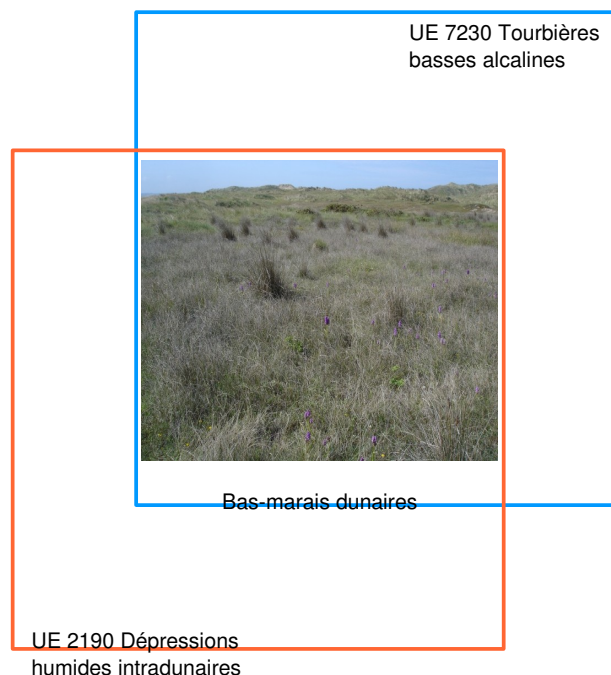


Figure 2 – Illustration d'un recouvrement partiel entre habitats Natura 2000, le cas des bas-marais dunaires (Photo: V. Gaudillat, SPN-MNHN).

Dans Corine Biotopes aussi, certaines végétations se retrouvent codées 2 fois, les codes dépendant du grand type de milieu pris comme clé d'entrée : par exemple les communautés à *Myricaria germanica* des torrents peuvent être codées 24.223 « Broussailles de Saules et de Myricaire germanique » (*Salici-Myricarietum*), entrée sous l'angle des végétations de gravier des cours d'eau, ou 44.111 « Saussaies à *Myricaria* » (*Salici-Myricarietum*), entrée sous l'angle des formations riveraines de saules.

1.2.3. Quelques problématiques posées par les mises en correspondance

Globalement, on peut remarquer que la typologie phytosociologique traite des types de végétations alors que les autres typologies portent davantage sur des types d'habitats (le terme d'habitat étant ici à prendre au sens large et non au sens d'habitat d'intérêt communautaire). La végétation étant un excellent révélateur des conditions d'habitats, les typologies d'habitats telles que Corine Biotopes s'appuient largement sur la typologie phytosociologique d'où une certaine facilité de correspondance pour une partie des codes. Cependant, les correspondances entre la typologie phytosociologique et les autres typologies deviennent plus problématiques lorsqu'interviennent des critères non floristiques. Ainsi un même type de végétation peut être codé différemment selon le contexte stationnel. Par exemple, les communautés annuelles sur vases exondées du *Bidention tripartitae* relèvent de l'habitat UE 3270 « Rivières avec berges vaseuses avec végétation du *Chenopodium rubri p.p.* et du *Bidention p.p.* » uniquement en contexte de bordure de rivière. En bordure de plan d'eau elles ne relèvent plus d'un habitat d'intérêt communautaire (cf. Photo 1).



Photo 1 – Végétation du *Bidention tripartitae* en bordure d'étang ne relevant pas d'un habitat d'intérêt communautaire (Photo : V. Gaudillat, SPN-MNHN)

D'importants travaux ont été menés au niveau local (par des CBN, des phytosociologues...) sur les typologies de végétations aboutissant à l'élaboration de synsystèmes régionaux au niveau association parfois accompagnés de mises en correspondance avec les typologies Natura 2000, Cahiers d'habitats et Corine Biotopes. Mais d'un synsystème à l'autre, le positionnement d'une même association au niveau alliance ou sous-alliance peut différer. Ceci peut conduire à des divergences dans les correspondances proposées pour ces associations avec les autres typologies. Même si le rattachement de l'association à un habitat d'intérêt communautaire donné ne pose pas de problème, ces différences de positionnement peuvent avoir des conséquences sur la correspondance indiquée pour les niveaux supérieurs. Ainsi, dans les Cahiers d'habitats, l'*Agropyro pungentis-Althaeetum officinalis* est rattaché à l'*Angelicion litoralis* dans la fiche 6430 « Mégaphorbiaies

hygrophiles d'ourlets planitiaires et des étages montagnard à alpin » et à l'*Agropyron pungentis* dans la fiche 1330 « Prés-salés atlantiques (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*) ». Selon la manière dont ce problème sera abordé, on peut aboutir à des mises en correspondance différentes : UE 6430 pour l'*Angelicion* et UE 1330 pour l'*Agropyron*, ou UE 6430 et UE 1330 pour l'une ou l'autre alliance. Disposer d'un référentiel phytosociologique au niveau association serait ainsi d'une grande aide face à ce type de situation. La déclinaison du Prodrome des Végétations de France au niveau association répondra à cette attente.

Lors de l'utilisation de typologies telles que Corine Biotopes, on se heurte également au manque de précision dans la dénomination des unités phytosociologiques. Des correspondances sont faites avec la classification phytosociologique, mais l'absence d'autorités à la suite des noms latins des unités et, plus globalement, l'absence de mention du synsystème de référence utilisé limitent le plein usage que l'on pourrait faire de cette information.

1.2.4. Multiplicité des cas de figure sur le terrain

Les correspondances entre les différentes typologies telles que réalisées sur le plan national donnent un cadrage général, mais ne peuvent pas prendre en compte toutes les situations « rencontrables » localement sur le terrain. La manière d'aborder les typologies, l'imprécision de certaines définitions, l'adaptation au contexte local, etc. peuvent conduire les acteurs locaux à proposer et utiliser des correspondances complémentaires de celles proposées au plan national. Dans l'optique de l'exploitation du plus grand nombre de données possible, il est indispensable de veiller à la cohérence entre ces mises en correspondance locales et la mise en correspondance nationale.

Ces quelques exemples illustrent la complexité de la mise en correspondance des typologies de végétations et d'habitats. Les spécificités de chaque typologie et les problèmes de cohérence qu'elles peuvent comporter expliquent la difficulté d'aboutir à une correspondance simple et univoque. Dans certains cas, il est ainsi indispensable d'ajouter une conditionnalité à la correspondance. Dans le cadre du projet de cartographie, cet exercice permet d'identifier les unités pour lesquelles des correspondances automatiques peuvent être réalisées et celles qui nécessiteront un traitement spécifique. À titre d'exemple il est possible de donner une idée générale des correspondances entre les alliances du Prodrome des végétations de France et les habitats d'intérêt communautaire sur la base des informations des Cahiers d'habitats (cf. Figure 2). Ainsi, environ 30% des alliances du prodrome ne relèvent d'aucun habitat d'intérêt communautaire et 40% ne relèvent que d'un seul habitat d'intérêt communautaire; dans 70% des cas la correspondance devrait pouvoir être réalisée de manière automatique. Pour les autres alliances (30%), soit elles relèvent de plusieurs habitats, soit elles sont partiellement d'intérêt communautaire et partiellement non d'intérêt communautaire, et devront être traitées avec une attention particulière.

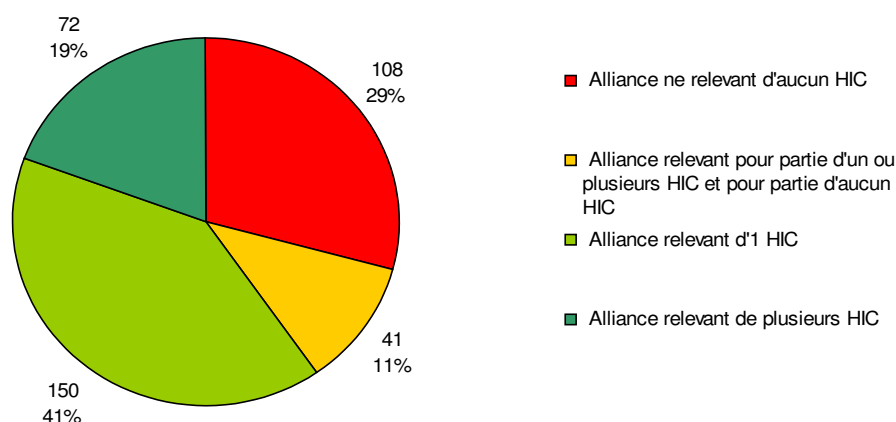


Figure 3 – Répartition des alliances du Prodrome des Végétations de France (PVF) selon leur rattachement à des habitats d'intérêt communautaire (HIC), sur la base des Cahiers d'habitats

(total alliances = 371 ; version provisoire de juillet 2010 - SPN-MNHN)

La complexité de cette mise en correspondance et les risques d'erreurs qui peuvent être induits lors de la conversion de données d'une typologie vers une autre devraient inciter à éviter la multiplication des typologies. Une politique visant à favoriser l'utilisation d'un nombre restreint de typologies à partir d'une analyse des typologies existantes « officielles » et de celles utilisées par les acteurs de terrain, associées à des tables de correspondance rigoureuses facilitera grandement les possibilités d'agrégation des données existantes. Au-delà du travail en cours, une veille active sera cependant nécessaire afin de prendre en compte l'évolution dynamique des connaissances relatives aux communautés végétales, avec notamment la prise en compte de la déclinaison du Prodrome des végétations de France (PVF) et des travaux menés sur l'interprétation des habitats d'intérêt communautaire (HIC) ou sur des types de milieux particuliers (zones humides, milieux forestiers...). La cartographie nationale des végétations amènera pour sa part à établir une typologie d'«unités cartographiables» qu'il faudra savoir faire correspondre aux typologies « officielles » en vigueur.

2. Identification et description des inventaires et cartes de végétations et de l'environnement existants en France et en Europe

2.1. Pré-catalogage des inventaires et cartes de végétations et d'habitats en France

Au cours de l'année 2009, le réseau des Conservatoires botaniques nationaux (CBN) a réalisé une première identification des inventaires et cartes de végétations et d'habitats naturels et semi-naturels réalisés à ce jour en France. La Fédération des Conservatoires botaniques nationaux (FCBN) a assuré un complément et une compilation de ce travail. Ce premier recensement a eu pour but d'évaluer la ressource cartographique mobilisable dans le cadre d'un programme national de cartographie des végétations en France. Il a donc été orienté en premier lieu vers les cartes décrivant spécifiquement la nature des végétations en place. Ainsi, les cartes centrées sur l'occupation du sol ou décrivant une morphologie trop peu informative sur la nature des végétations n'ont pas été recherchées particulièrement, ni analysées à ce stade. L'identification des cartes et inventaires a été réalisée en utilisant d'une part les informations déjà en possession des CBN et d'autre part par une pré-enquête auprès des principaux commanditaires ou utilisateurs potentiels des cartes de végétations. Ont été contactés en priorité les services de l'État, notamment les Directions régionales de l'environnement (Diresn ou Dreal), les Parcs nationaux et Parcs naturels régionaux, l'ONF, les Conservatoires régionaux d'espaces naturels (Cren), les Agences de l'eau...

2.1.1. Nombre d'inventaires et de cartes, principaux opérateurs et applications

2.1.1.1. Données répertoriées à ce jour

- Ce sont tout d'abord 1297 inventaires d'habitats qui ont été répertoriés par les CBN.
- Ce sont en outre 2213 cartes de végétations locales ou régionales qui ont pu être répertoriées par les CBN et la FCBN, dans le temps imparti, pour les différentes régions de France, auxquelles il faut ajouter les 64 feuilles de la Carte de la végétation de la France au 1/200 000 (minutes au 1/50 000) initiée et conduite à bien entre 1947 à 1990 par le Service de la carte de végétation du CNRS à Toulouse, dirigé à l'origine par Henri Gaussen (cf. Gauquelin *et al.*, 2005 ; Rey, 2009). Cet ajout porte ainsi à 2277 cartes le nombre de celles qui ont pu être répertoriées au 31 mars 2010. D'autres ont pu être identifiées depuis, mais

trop tardivement pour être prises pour l'instant en compte dans la présente analyse (cf. Figure 4).

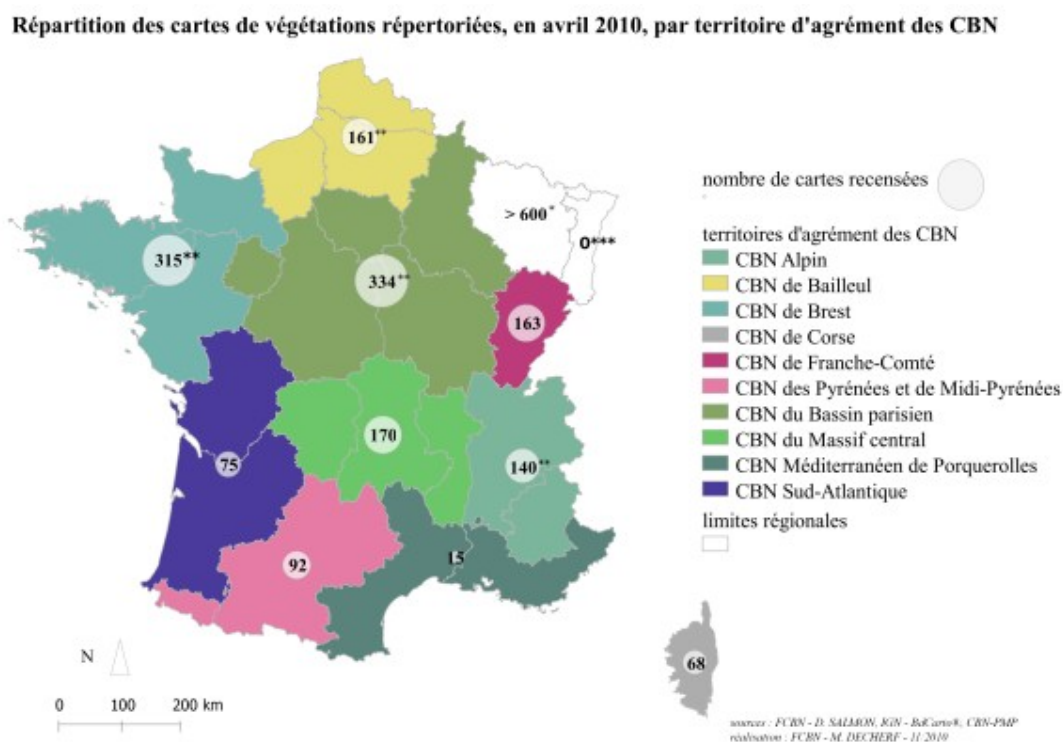


Figure 4 - Répartition des 2213* cartes de végétations (toutes échelles et typologies confondues) répertoriées, en avril 2010, par territoire d'agrément des CBN**

Sources : CBN et FCBN – Compilation : D. Salmon (FCBN) – Carte: M. Decherf (FCBN)

* Presque 600 des 2213 cartes correspondent à des cartographies des habitats des Znieff de la Région Lorraine. Cette situation représente un cas à part, la Lorraine étant la seule région à avoir déployé à ce jour un tel programme de cartographie. ** Aux 2213 cartes mentionnées et prises en compte ici à l'échéance fixée pour une première compilation (avril 2010), il faut ajouter 168 cartes identifiées également par les CBN plus récemment (100 pour le CBN Brest, 61 pour le CBN Alpin, 4 pour le CBN Bailleul et 3 pour le CBN Bassin parisien), et qui n'ont pas pu être prises en compte et analysées, à ce stade, dans la suite du document. ***Bien que de nombreuses cartes existent pour la région Alsace, elles n'ont pas pu être considérées ici, pour des raisons de conditions d'accessibilité au moment du recensement.

D'une autre manière, pour des questions de moyens, les nombreuses cartes phytosociologiques anciennes couvrant la région PACA, n'ont pas non plus pu être incluses à ce stade.

2.1.1.2. Opérateurs des cartes et inventaires

- Sur le total de 1297 inventaires d'habitats tout d'abord répertoriés, un peu plus de la moitié relève d'une réalisation par les CBN eux-mêmes; les bureaux d'études ou des laboratoires de recherche constituant, avec environ 10% de réalisation chacun, les autres principaux contributeurs (donnée non présentée ici).

- Sur le total de 2213 cartes qui ont pu en outre être identifiées localement et régionalement, un peu plus de la moitié provient d'une réalisation par un des quatre grands types d'opérateurs suivants: i) CBN, ii) organismes de recherche, iii) bureaux d'études ; et iv) associations naturalistes (cf. Figure 5).

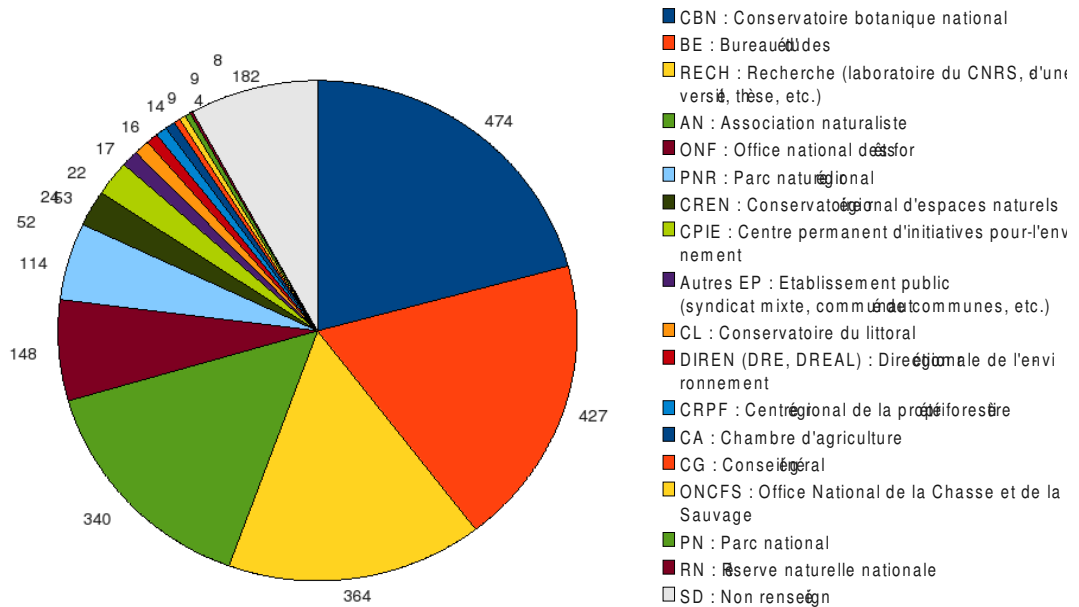


Figure 5 - Répartition des opérateurs des 2277 cartes identifiées en avril 2010

Sources : CBN et FCBN – Compilation : D. Salmon (FCBN)

Comme mentionné plus haut, à cette identification de cartes locales et régionales, nous avons aussi ajouté les 64 feuilles réalisées dans le cadre de la Carte de la végétation de la France au 1/200 000 du CNRS (1947-1990). Cette carte est la seule (à une échelle déjà précise) qui soit aussi homogène et complète pour l'ensemble du territoire de France métropolitaine (Corse incluse).

Une autre entreprise de cartographie à une échelle plus fine avait en effet été lancée également sous l'égide du CNRS à la même époque par un autre service, celui de la carte des groupements végétaux à Montpellier, dirigé par Louis Emberger, qui deviendra plus tard le Centre d'études phytosociologiques et écologiques (CEPE). Elle n'a par contre malheureusement pas vu l'aboutissement de plus que quelques cartes pour la France métropolitaine, dont par exemple celle de la Sologne au 1/10 000 (cf. Marres, 1972), prises ici en compte dans l'inventaire des cartes régionales et locales.

Enfin, P. Ozenda, collaborateur de la première heure de la carte du CNRS au 1/200 000 (il a réalisé l'ensemble des feuilles alpines et la carte d'Antibes), développera dans les années 1960-1970 à l'université de Grenoble, une importante activité de cartographie de la végétation des Alpes dont les principaux travaux seront publiés sous forme de « précartes » (25 feuilles au 1/50 000 et 13 au 1/100 000). Ces cartes, dont la forme a évolué au fur et à mesure de l'avancement des travaux seront plus fortement teintées de phytosociologie que

la carte du CNRS au 1/200 000. Elles sont également prises en compte dans le recensement des cartes régionales et locales pour la région Rhône-Alpes (PACA non considérée pour l'instant).

On peut en outre indiquer que les principaux commanditaires de ces inventaires et de ces cartes sont les services de l'État et des établissements publics, en particulier les Parcs nationaux ou les Parcs naturels régionaux (détail non présenté ici).

2.1.1.3. Principales applications

- Les 1297 inventaires répertoriés, qui peuvent répondre à plusieurs objectifs à la fois, ont été réalisés majoritairement afin d'identifier les habitats présents sur un territoire donné (caractérisation typologique et catalogage: 63,5%), puis, dans des proportions quasiment identiques, dans le cadre de Natura 2000 et/ou pour une cartographie locale (environ 27% et 24% respectivement) ; vient enfin l'objectif d'atlas de distribution spatiale des habitats (environ 11% des inventaires).

- Les 1213 cartes locales de végétations identifiées sont elles principalement réalisées, outre les près de 600 cartes des Znieff de la région Lorraine, pour les documents d'objectifs - DOCOBs - des sites Natura 2000 (plus du tiers des autres cartes de l'ensemble du territoire métropolitain, hors Znieff Lorraine), ainsi que comme support des plans de gestion de sites naturels par des organismes en charge de ces espaces naturels (Cren et Réserves naturelles de France, Conseils généraux et services associés, agences diverses...).

Quelques organismes développent ou ont développé des cartographies à d'autres fins mais sans que ce soient nécessairement des cartes de végétations à proprement parler. C'est le cas des Agences de l'eau qui, notamment dans le cadre de l'application de la directive européenne cadre sur l'eau (DCE), ont entrepris des cartes des zones humides (faisant souvent appel à des données floristiques, mais pas uniquement) à l'échelle des bassins versants. Ces cartes ont fait l'objet d'une identification additionnelle par la FCBN en 2010. On notera en effet que, bien que ne relevant pas directement de typologies d'habitats telles que définies plus haut, elles pourront constituer un support d'information intéressant dans le cadre de la mise en œuvre d'une méthodologie nationale pour la cartographie des végétations en France (voir méthode proposée – partie C du présent document).

On notera bien cependant que l'identification présentée à ce stade ne peut être considérée comme exhaustive, de nombreuses cartes de végétations portant sur des sites plus ou moins étendus ont en effet échappé au pré-catalogage du fait de la difficulté d'accéder dans le temps imparti à une information qui n'est ni centralisée ni homogène et dans de nombreux cas pas même informatisée, ni parfois même indexée rigoureusement dans les services de l'État commanditaires par exemple. De nombreux organismes, en particulier les Conservatoires régionaux d'espaces naturels (CREN) ou les services des Conseils généraux qui gèrent la politique des espaces naturels sensibles (ENS) possèdent aussi de nombreuses cartes de végétations pour leurs besoins de connaissance, de gestion et de suivi des sites

dont ils ont la responsabilité, mais nous n'avons pas pu pour l'heure tous les contacter. L'Office National des Forêts (ONF) et les Réserves Nationales de France (RNF) ont par exemple aussi effectué conjointement en 2009, pour leur part, un inventaire des habitats d'intérêt communautaires (HIC) présents dans chacune de leurs réserves 'biologiques' et 'naturelles' (respectivement).

Les cartes et/ou inventaires existants sont souvent dispersés et difficiles d'accès et demanderaient un important travail pour les répertorier et les rassembler correctement. On notera toutefois que certaines des cartes existantes peuvent ne pas présenter un intérêt majeur pour la méthodologie de cartographie des végétations qui nous concerne, dans la mesure où la typologie utilisée est souvent peu précise et orientée pour les seuls besoins immédiats de la gestion des sites, par exemple. Un important travail de localisation, de tri et de qualification reste dans tous les cas nécessaire.

2.1.2. Variabilité des cartes et inventaires répertoriés

2.1.2.1. Couverture géographique

Les cartes identifiées à ce jour (cf. Figure 4) concernent pour beaucoup la Lorraine, le Massif Armoricaïn, et les Alpes. Les Alpes (Figure 6) représentent ainsi certainement aujourd'hui en superficie le territoire le plus couvert, et de longue date (du fait du rôle historique de P. Ozenda signalé plus haut notamment, ainsi que d'un programme important de cartographie par le CBN initié dans les années 1990). En régions planitiaïres et dans les grands bassins sédimentaires, peu de programmes de cartographie de végétations territoriales ont été réalisés. On peut toutefois citer les cartes du Boulonnais sur près de 60 000 ha dans le Nord de la France (CBN Bailleul, 2000-2004), d'Île-de-France actuellement en cours de réalisation (CBN Bassin Parisien, 2008-actuel), ou celle du Marais Poitevin (mais réalisée à l'échelle du 1/360 000, elle semble très peu informative pour le programme qui nous occupe ici). Pour la région Lorraine, il existe en outre un nombre particulièrement important de petites cartes, que la Dreal a fait réaliser, par un bureau d'étude, avec la cartographie des habitats en typologie Corine Biotopes pour l'ensemble des Znieff réactualisées (soit près de 600) sur son territoire.

Une région comme l'Aquitaine est par contre elle plutôt mal couverte et méconnue à ce jour en terme d'habitats naturels.

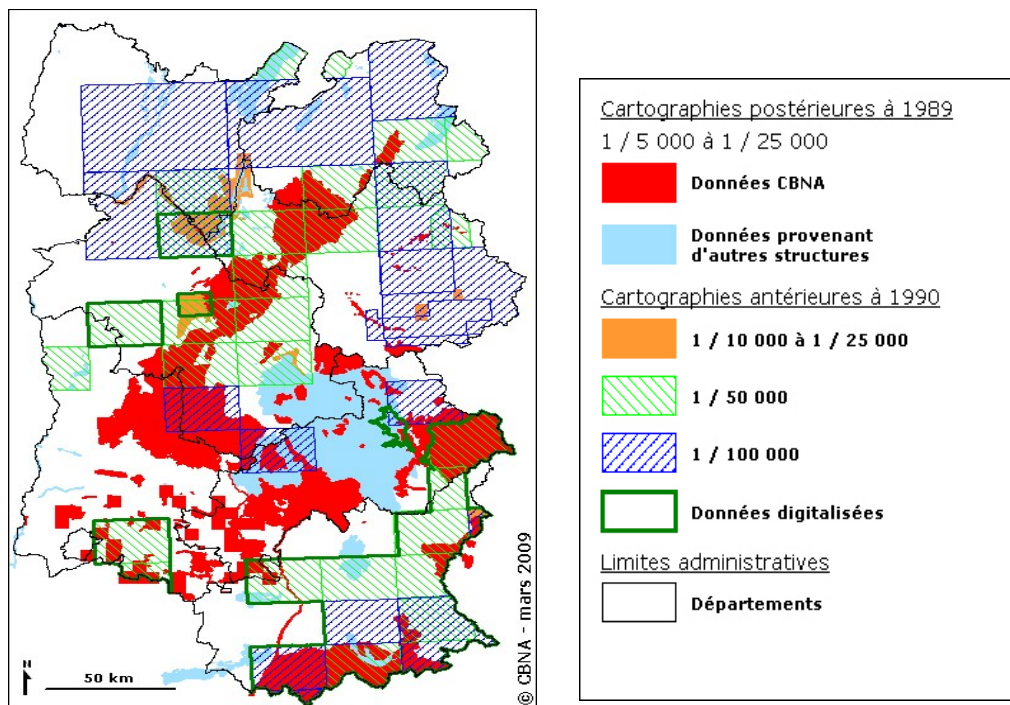


Figure 6 - Illustration de la couverture par des cartographies de végétations et d'habitats du territoire du CBN Alpin (à savoir la partie alpine des régions Rhône-Alpes et PACA) : le territoire le mieux couvert à ce jour en France. (Source : CBN Alpin)

2.1.2.2 Échelles

En dehors de la Carte de la végétation de la France du CNRS, réalisée sur l'ensemble du territoire métropolitain au 1/200 000, et de cartes thématiques souvent comprises entre le 1/50 000 et le 1/25 000, la plupart des cartes de végétations réalisées en France présentent une échelle de restitution aux 1/25 000, 1/10 000 et 1/5 000 (cf. proportions Figure 7). On notera que ces dernières échelles de restitution permettent la représentation des unités de végétations au niveau association ou « groupements végétaux » alors que la Carte de la végétation de la France au 1/200 000 représente des séries de végétation, c'est-à-dire un complexe de différentes associations liées à une même espèce arborée dominante (présente ou potentiellement présente), suivant un même déterminisme environnemental et biotique se succédant le long d'un axe temporel. L'échelle de restitution est donc aussi intimement liée aux choix des typologies utilisées/utilisables.

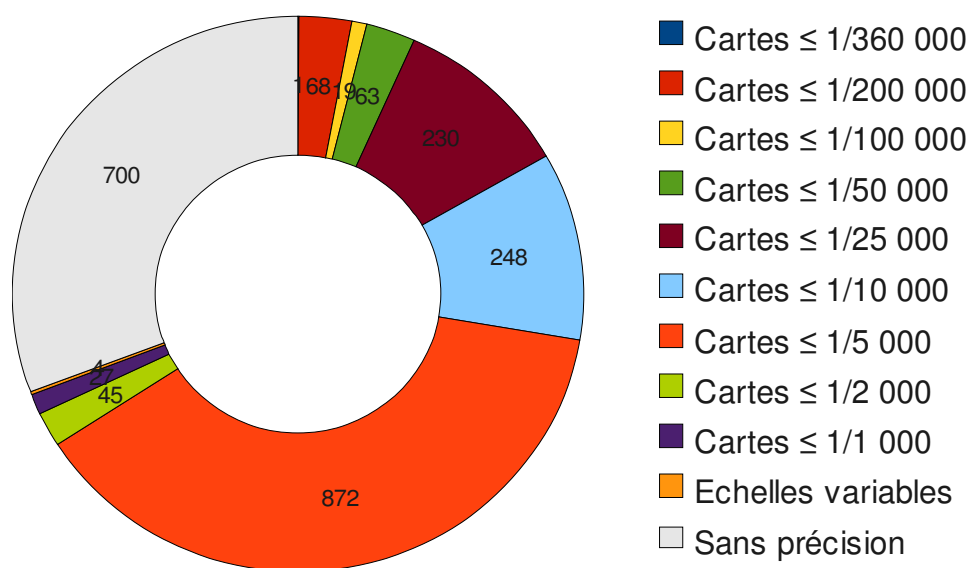


Figure 7 – Répartition des 2277 cartes recensées (en avril 2010) selon leur échelle de restitution, lorsque elle a été renseignée. Sources : CBN et FCBN – Compilation : D. Salmon (FCBN)

2.1.2.3 Typologies

Lorsque l'information est accessible il apparaît que la plupart des cartes identifiées sont réalisées suivant la typologie Corine Biotopes, et dans une moindre mesure suivant une typologie phytosociologique. Les chiffres présentés ci-dessous (Figure 8) sont cependant à considérer avec prudence car plus de la moitié des cartes identifiées n'ont pas été renseignées pour l'instant en termes de typologies (carte non accessible, absence de metadonnées...). On note en outre que pour les cartes recensées correspondant à des sites Natura 2000, la typologie de base renseignée lors du relevé cartographique est rarement directement la nomenclature Natura 2000 mais souvent une typologie plus précise (ex : Corine Biotope)... Toutefois, il est à souligner que pour toutes ces cartes, une correspondance avec la typologie Natura 2000 doit systématiquement être renseignée conformément aux obligations de rendu formulées dans le guide méthodologique de réalisation des DOCOBs. La structure du questionnaire d'identification soumis au CBN prêtant à ambiguïté sur ce point nécessitera de revoir l'analyse de cette information de façon plus précise (dans la Figure 8, la typologie Natura 2000 n'est pas mentionnée, les cartes correspondantes étant comptabilisées à ce stade dans les typologies plus précises utilisées sans que l'on puisse en faire un décompte séparé).

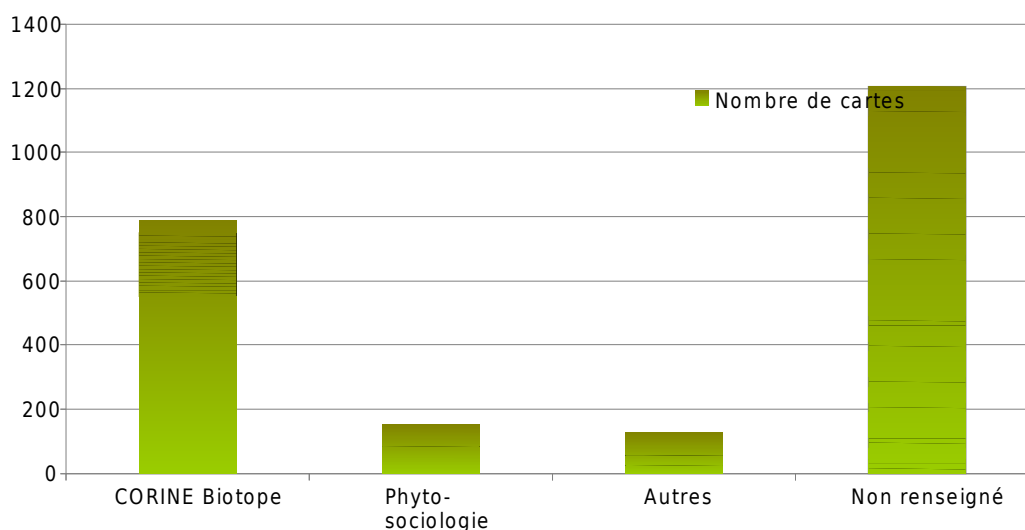


Figure 8 – Typologies principalement utilisées pour les 2277 cartes identifiées

Sources : CBN – Compilation : D. Salmon (FCBN)

Précisons que pour les deux typologies principalement utilisées, Corine Biotopes et phytosociologique, les échelles de cartographie se situent majoritairement entre le 1/1 000 et le 1/5 000, la plus utilisée avec Corine Biotopes étant le 1/5 000 (cf. Tableau 1).

Typologies Cartes	Nombre de cartes	% du nombre total de cartes	CORINE Biotope		Phyto- sociologie		Autres		Non renseigné	
				%		%		%		%
Cartes ≤ 1/1 000	27	1,19	5	18,52	4	14,81	0	0,00	18	66,67
Cartes ≤ 1/2 000	45	1,98	0	0,00	7	15,56	0	0,00	38	84,44
Cartes ≤ 1/5 000	872	38,30	609	69,84	42	4,82	9	1,03	212	24,31
Cartes ≤ 1/10 000	248	10,89	71	28,63	29	11,69	10	4,03	138	55,65
Cartes ≤ 1/25 000	230	10,10	48	20,87	28	12,17	18	7,83	136	59,13
Cartes ≤ 1/50 000	63	2,77	22	34,92	4	6,35	7	11,11	30	47,62
Cartes ≤ 1/100 000	19	0,83	8	42,11	0	0,00	1	5,26	10	52,63
Cartes ≤ 1/200 000	68	2,99	0	0,00	0	0,00	64	94,12	4	5,88
Cartes ≤ 1/360 000	1	0,04	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	100,00
Sans précision	700	30,74	27	3,86	36	5,14	18	2,57	619	88,43
Echelles variables	4	0,18	1	25,00	3	75,00	0	0,00	0	0,00
Nombre total de cartes	2277	100,00	791	34,74	153	6,72	127	5,58	1206	52,96

Tableau 1 – Répartition des 2277 cartes identifiées selon leurs échelles et typologies connues.

Source : CBN et FCBN – Compilation : D. Salmon (FCBN)

2.1.2.4 Fiabilité/exploitabilité

La fiabilité des cartes recensées n'a pas été facile à évaluer, d'une part du fait des difficultés d'accès aux cartes et aux métadonnées afférentes, et d'autre part du fait du caractère assez relatif de cette notion de fiabilité (au regard de quel objectif et de quels critères ?). Ainsi, seul moins d'un tiers des cartes (27%) a été renseigné à ce jour en termes de fiabilité...

Il apparaît que parmi les cartes évaluées, ce sont des cartes au 1/10 000 (env. 90) qui semblent le plus 'fiable' aux CBN et réutilisables en l'état (cf. Figure 9). Des cartes au 1/25 000 (env. 60) et au 1/5 000 (env. 50) ont aussi été estimées 'fiable' et semblent également pouvoir être réutilisées en l'état.

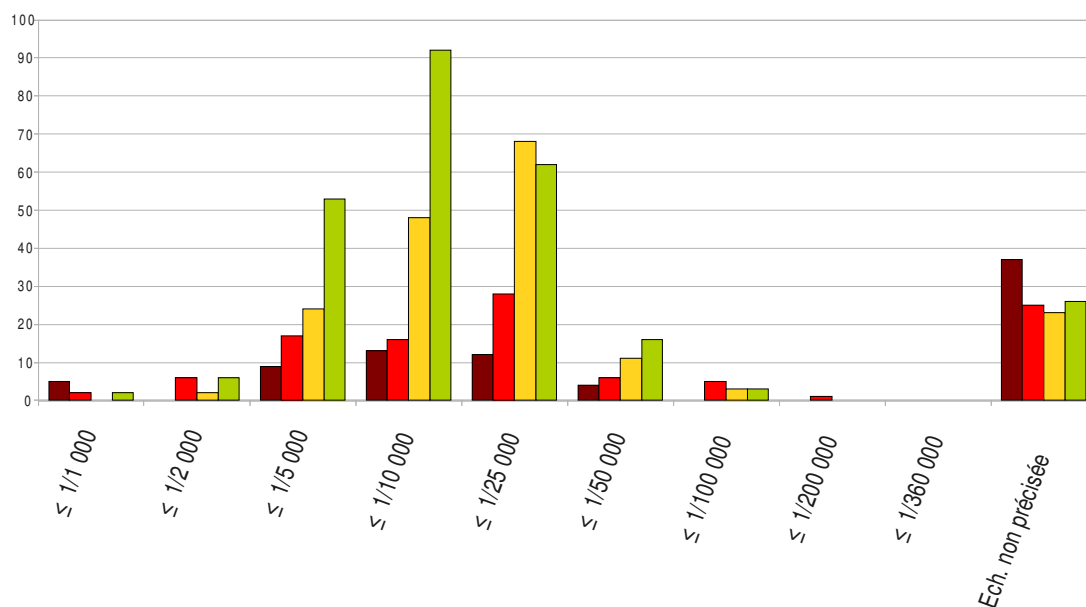


Figure 9 – Nombre et fiabilité des cartes identifiées et évaluées « à dire d'experts » par les CBN (N=625) (Rouge sombre : inutilisable ; rouge clair : difficilement réutilisable; jaune orangé : réutilisable avec circonspection ; vert clair : réutilisable en l'état).

Sources : CBN – Compilation : D. Salmon (FCBN)

Le bilan de l'identification des inventaires et cartes existants avec l'évaluation de leur fiabilité souligne le manque de coordination et de standardisation, jusque là, des cartes réalisées en France y compris dans le cadre de la directive « Habitats » et des sites Natura 2000. Le cahier des charges pour la réalisation des cartes d'habitats proposé par le MNHN et la FCBN en 2005 (Clair et al. 2005) n'a que très peu été appliqué et de façon très variable selon les régions.

2.1.3. Quelques bases de données importantes sur les inventaires floristiques et d'habitats en France

Plusieurs structures en France ont collecté ou collectent des données géoréférencées concernant la flore et les végétations. On trouvera ci-dessous des éléments quantitatifs de l'importance de certaines bases de données. Les CBN centralisent ainsi aujourd'hui près de 20 millions d'observations géoréférencées sur la flore et les végétations dans leurs bases de données (voir ci-dessous Tableaux 2 et 3 pour la répartition). Les bases de données de l'Inventaire Forestier National (IFN), la base 'Ecoplant' du Lerfob – Nancy, ou la base 'Sophy' de l'Association d'Informatique Appliquée à la Botanique (AIAB), par exemples, constituent d'autres sources de données importantes.

2.1.3.1. Concernant les données relatives aux végétations et habitats

Les données relatives aux habitats, enregistrées dans les bases de données, sont renseignées selon une typologie d'habitats donnée. Elles peuvent recouvrir différents types d'information et, de ce fait, différentes qualités d'information. Des plus précises et étayées, aux moins précises, on peut lister les cas de figures suivants : i) nom d'habitat associé à un relevé phytosociologique localisé, ii) nom d'habitat associé à une liste d'espèces localisée mais sans coefficients de recouvrement des espèces citées, iii) nom d'habitat localisé mais indiqué sans aucune liste d'espèces associée. La typologie ou nomenclature utilisée pour la dénomination de l'unité de végétation renseignée peut être issue de différents référentiels (phytosociologique, Natura 2000, Corine Biotopes ou autre).

Nous ne disposons pas actuellement du détail de la qualité des données contenues dans l'ensemble des bases existantes mais cette information sera nécessaire pour évaluer le volume de données disponibles pour les tests méthodologiques prévus dans certains des scénarii proposés Partie C.

Structure / Dispositif	Base de données	Typologie	Nb de données	Précision
CBN	Multiples	Typologie phytosociologique, Corine Biotopes, Natura 2000 et autres	à dénombrer précisément	Bases (inter)régionales
RNF	inconnu	Natura 2000	?	Compilation 2010 à vocation exhaustive des HIC présents au sein des réserves naturelles
ONF	inconnu	Natura 2000	?	Compilation 2010 à vocation exhaustive des HIC présents au sein des réserves biologiques

INPN – gestion MNHN-SPN	Multiples - 'INPN'	Corine Biotope/Natura 2000	~ 140 000	Bases nationales
<i>dont</i>	base Znieff (2 ^e génération, 16 régions)	Corine Biotopes	~ 105 000	Base nationale
<i>dont</i>	base 'Natura 2000'	Natura 2000	~ 11 000 (fév. 2010)	Base nationale
<i>dont</i>	base 'Espaces protégés'	Natura 2000, Corine Biotopes	~ 14 000	Base nationale

Tableau 2 – Principales structures, dispositifs et bases de données disposant d'informations localisées sur les inventaires d'habitats naturels et semi-naturels. (HIC = Habitats d'intérêt communautaire).

Les bases de données des CBN et de l'INPN contiennent de nombreuses données relatives à la végétation et aux habitats (cf. Tableau 2). C'est notamment le cas autour des programmes nationaux comme celui des ZNIEFF ou Natura 2000 dont les bases de données constituées et/ou validées régionalement sont centralisées dans l'INPN (mais, à ce jour, sans cartographie des végétations associée). Rappelons en outre ici notamment, qu'il existe des informations relatives aux végétations/habitats auprès d'autres organismes: dont par exemple une compilation récente (2010), à vocation exhaustive, des inventaires d'habitats d'intérêt communautaire (HIC) présents au sein des 'réserves naturelles' (RNF) et des 'réserves biologiques' (ONF) de France.

2.1.3.2. Concernant les données floristiques

Issus soit du travail d'inventaires et de caractérisation des types de végétations et d'habitats (évoqué ci-dessus) soit de relevés taxonomiques spécialement dédiés, de très nombreux relevés et pointages floristiques existent aussi : de la liste d'espèce précisée par des indices d'abondances et rattachée à un habitat, à des relevés botaniques ponctuels. Outre celles des CBN et de l'INPN, l'Inventaire Forestier National (IFN) s'appuie également sur un nombre important de relevés rassemblés dans sa base de données centralisée. C'est aussi le cas pour plusieurs organismes et laboratoires de recherches dont le Lerfob (UMR Inra/AgroParisTech) de Nancy avec sa base 'Ecoplant' ou de la banque de données botaniques et écologiques 'Sophy' de l'Association d'Informatique Appliquée à la Botanique (AIAB), par exemples.

L'ensemble de ces observations, mentionnées ci-dessus ou autres (CBN, IFN, laboratoires de recherche, ONF, gestionnaires d'espaces naturels...), relève de modalités et protocoles très variables et non standardisés à ce jour, ce qui rend cette masse de données à la fois d'une richesse exceptionnelle, mais d'une hétérogénéité importante. Dans le cadre d'un programme national de cartographie des végétations, un travail de tri important et d'harmonisation des données sera à prévoir pour leur utilisation à différents niveaux de la méthodologie proposée (voir Partie C).

D'autres bases existent comme par exemple Serena des Réserves Naturelles de France (RNF), Sterne de certains Parcs Naturels régionaux... qui pourraient éventuellement

alimenter le programme national de cartographie des végétations après un travail de collecte, de centralisation puis de validation dans le cadre du dispositif d'inventaire coordonné par les CBN pour l'ensemble du territoire. Dans un premier temps au moins, il nous paraît toutefois préférable de se concentrer sur l'utilisation des grandes bases de données déjà structurées à l'échelle nationale.

Enfin, notons que les herbiers, dont certains comme l'herbier national de phanérogamie du MNHN à Paris (P) ou celui de Montpellier (MPU), par exemples, rassemblent des millions d'échantillons, constituent une formidable mémoire vérifiable concernant les données anciennes. Ils recueillent par contre relativement peu de données récentes à l'heure actuelle en France métropolitaine et constituent donc une source d'information actuelle remobilisable complémentaire mais non majeure dans le cadre du présent programme. Le rôle des herbiers dans les régions d'Outre-Mer peut par contre être tout autre et renseigner sur la localisation de certains taxons caractéristiques de types de végétations bien particuliers. Ces sources d'information sont donc alors à considérer en priorité dans le cas d'une éventuelle extension du présent cadre méthodologique aux régions d'Outre-Mer

Structure / Dispositif	Base de données	Nombre d'observations Flore
réseau des CBN	multiples	~ 20 millions
<i>dont</i> Alpin	Flore	~ 4,2 millions*
<i>dont</i> Bailleul	Digitale	~ 2,8 millions*
<i>dont</i> Bassin parisien	Flora	~ 3 millions*
<i>dont</i> Brest	Calluna	~ 2 millions*
<i>dont</i> Corse	'sans nom'	~ 69 000*
<i>dont</i> Franche-comté	Taxa	~ 550 000*
<i>dont</i> Massif Central	Chloris ©	~ 3,7 millions*
<i>dont</i> Méditerranéen	Silene	~ 1,3 millions*
<i>dont</i> Pyrénées et Midi-Pyrénées	Flora	~ 770 000*
<i>dont</i> Sud-Atlantique	'sans nom'	~ 200 000*
IFN	Base IFN	~ 122 000 « points-forêt » ou placettes ¹
Lerfob, AgroParisTech Nancy	Ecoplant	6167 relevés floristiques dans la base en 2002
AIAB	Sophy	?
ONF	BDN	~ 6000
INPN – gestion MNHN-SPN	Multiples - 'INPN'	~ 2,3 millions (hors données des CBN)

Tableau 3 - Bases de données floristiques importantes susceptibles d'être exploitées

*Détermination botanique et cohérence chorologique validées par les CBN ; un important travail reste à faire pour identifier les possibles doublons.

¹ La base de données de l'IFN comporte, pour les mêmes 122 000 points d'échantillonnage en milieux forestiers, des relevés floristiques et pédologiques.

Pour ce qui est des inventaires et cartes identifiées, la dispersion des informations (certaines cartes de sites Natura 2000 ne sont pas disponibles à l'heure actuelle dans les services de l'État), leur disparité tant dans la forme (les cartes SIG se développent surtout à partir de la fin des années 1990) que sur le fond (absence de cahier des charges, pas de contrôle des tables attributaires fournies, typologies des végétations hétérogènes, sans parler des erreurs manifestes d'interprétation et d'analyse de la réalité du terrain dans plusieurs cas...) rendent aujourd'hui leur exploitation et leur agrégation directe extrêmement délicates à l'échelle nationale et même souvent locale. Ces cartes sont pour beaucoup impossibles à agréger directement sans un important travail d'homogénéisation, et pour certaines même de reprise complète.

De nombreuses données géolocalisées concernant les taxons flore et les types de végétations existent aussi en France, mais là aussi sous des formats et dans des systèmes divers. Un important travail de recensement est encore nécessaire pour en avoir une vue la plus complète possible et permettre aussi leur évaluation et validation afin de préciser l'usage rigoureux qui peut être fait de ces données.

Malgré tout, l'ensemble de ces informations reste précieux. Une fois les précautions et distinctions d'utilisations bien établies, les cartes et inventaires pourront ainsi notamment contribuer au renseignement des catalogues typologiques régionaux ou d'atlas par maille des types de végétations en présence sur le territoire et/ou constituer, pour les plus fiables et récents d'entre eux, le début d'une couverture cartographique cohérente des végétations observées en France. Des mises en perspective historique seront aussi possible à partir des plus anciennes.

La proposition d'un programme national de cartographie des végétations peut ainsi être l'occasion d'un important travail de « mise au propre » de cette information cartographique et plus généralement géoréférencée portant sur les communautés végétales et les taxons avec un important travail de validation scientifique (déjà en cours dans les CBN notamment), ainsi que d'identification unique des données afin d'en permettre l'utilisation dans de grandes synthèses (inter-)régionales et nationale sur la biodiversité floristique.

Cette remobilisation dans son ensemble (voir méthodologie proposée partie C) impliquera un catalogage rigoureux de l'ensemble de ces données suivant les formats actuels de métadonnées, dans la continuité du travail d'identification et de référencement initié ici par les CBN et la FCBN, et dans le cadre notamment de l'INPN et du SINP.

2.2. Focus sur les expériences de cartographies de végétations réalisées sur de grandes superficies

2.2.1. En France

Plusieurs expériences menées en France sont particulièrement informatives dans le cadre de la mise au point d'un cadre méthodologique pour la réalisation d'une carte actuelle des communautés végétales en France.

2.2.1.1. Les cartographies régionales

a) La carte des végétations du Boulonnais

Finalisé en août 2002, le projet de « cartographie évolutive des milieux naturels au 1/25 000 - Expérimentation dans le Boulonnais » est né du souhait du Parc naturel régional des Caps et Marais d'Opale d'avoir une vision exhaustive du patrimoine naturel présent sur son territoire. Le coût global du projet a été d'environ 171 000 €.

La carte des végétations a été réalisée sur la base d'une campagne de terrain étalée sur deux saisons de végétation de mai 2001 à juin 2002, soit 231 jours de prospections répartis entre trois prospecteurs. Environ 250 ha ont été cartographiés par jour avec des minutes cartographiques réalisées sur des photographies aériennes au 1/11 000. La prospection des 59 300 hectares du territoire a abouti à cartographier plus de 19 000 polygones. La surface moyenne d'un polygone est donc de 3 hectares environ, avec des variations très importantes, de quelques mètres carrés à plusieurs kilomètres carrés (Catteau *et al.*, 2002). La méthode d'analyse de la végétation appliquée est celle de la phytosociologie sigmatiste et la typologie phytosociologique utilisée comprend 150 unités de végétations reconnues sur le terrain (niveau association et complexes d'associations ou alliance/sous-alliance lorsque les caractères de la végétation n'étaient pas suffisamment tranchés). Chaque polygone représente un type de végétation ou un complexe.

La cartographie a consisté à parcourir l'ensemble des polygones tracés.

Les principaux enseignements tirés de la réalisation de cette carte sont présentés en Annexe 2.

b) La carte des végétations du Pilat

Le CBN du Massif Central a réalisé dans le Parc Naturel Régional (PNR) du Pilat une cartographie exhaustive des habitats (figure 10) suivant une méthode très comparable à celle déployée dans le Boulonnais (voir ci-dessus).

La réalisation de cette cartographie s'est étalée sur 4 ans (2000-2003). Le projet a été initié dans le cadre d'un programme européen INTERREG-IIC (cartographie de la biodiversité). De 2001 à 2003, il s'inscrit dans le programme de cartographie des habitats des Parcs Naturels Régionaux de la Région Rhône-Alpes, demande de la région visant à mettre à disposition des PNR un outil cartographique apportant des informations sur le patrimoine naturel, susceptibles d'être prises en compte dans la mise en oeuvre des politiques d'aménagement du territoire.

Initiée en 2000 par la caractérisation et la cartographie au 1/5 000 des communautés végétales d'une zone de 5 000 ha s'étendant de la vallée du Rhône au Crêt de la Perdrix, cette initiative a été constituée d'une première phase d'essai cartographique sur un transect représentatif du Parc avec réalisation de relevés phytosociologique pour asseoir la typologie. En 2001, les prospections ont été poursuivies sur des secteurs représentatifs de la diversité écologique du Parc en vue de caractériser le plus finement possible les communautés végétales (élaboration d'un plan d'échantillonnage). Ce travail a abouti à la réalisation du 'Catalogue des habitats naturels du Parc naturel régional du Pilat', document technique présentant dans 150 fiches les habitats naturels et semi-naturels recensés et constituant le préalable indispensable à la cartographie des végétations.

De 2002 à 2003, l'ensemble du territoire du Parc, soit une superficie totale de 70 000 ha, a été parcouru et les végétations inventoriées et cartographiées. La base d'informations géographiques regroupe l'ensemble des données relatives aux végétations, à leur intérêt patrimonial, à leur dynamique naturelle et à leur état de conservation. Cette cartographie utilise la typologie phytosociologique jusqu'à l'association (excepté dans le cas des forêts, des fourrés, des ourlets de recolonisations et des végétations rudérales : jusqu'à l'alliance seulement).

Parallèlement, a été élaborée une typologie simplifiée des grands ensembles de végétations pour anticiper la confection d'une carte de vulgarisation.

Le travail de terrain a consisté en la prospection systématique et exhaustive de l'ensemble des polygones tracés, avec un levé au 1/10 000 sur bordereaux papiers (impression des orthophotoplans), avec renseignement pour chaque polygone de la typologie phytosociologique et de la typologie simplifiée.

L'échelle de restitution pour l'étude commandée a été du 1 / 25 000. La réalisation de la carte de vulgarisation s'est faite au 1/ 50 000 (éditée en 2005) par agrégation des types élémentaires en grands complexes physiologiques : le regroupement s'appuie principalement sur les formations végétales, avec toutefois des précisions conservées au niveau des sylvofaciès forestiers, des pratiques (fauche / pâture dans le cas de prairies mésophiles), etc ...

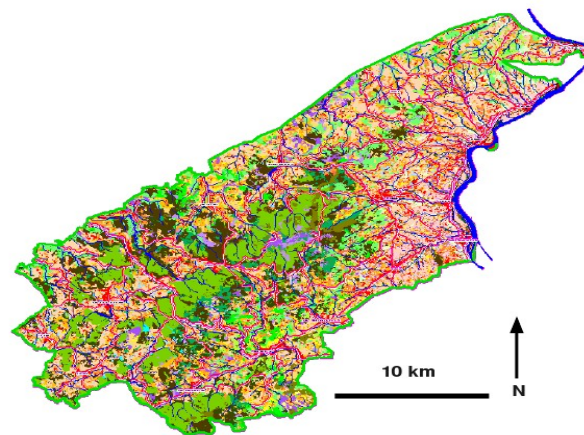


Figure 10 - Carte des grands complexes de végétations du PNR Pilat (Temps de réalisation : Typologie : 1 personne à temps plein pendant un an ; Cartographie terrain : 450 jours pour 70 000 ha soit une moyenne de 155 ha/j ; Validation des données : 2 500 ha/j soit 30 jours environs). Source : CBN MC (Guillaume CHOISNET).

c) La carte des végétations de Seine-et-Marne et d'Île-de-France

Le projet de cartographie des végétations du département de Seine-et-Marne est un programme financé par le Conseil général qui a débuté en 2006 et s'achèvera en 2010. Suite à l'intérêt porté à la méthodologie développée dans ce département, la Région Île-de-France a souhaité étendre ce programme au reste de la région sur un pas de temps s'étendant de 2009 à 2013 pour la partie terrain. Ce programme mobilise 2 ETP annuels sur le terrain pour la Seine-et-Marne et 2 pour le reste de l'Île-de-France même s'il apparaît d'ores et déjà que ces moyens humains ne seront pas suffisants pour couvrir l'ensemble des surfaces dans le temps imparti et qu'une extrapolation importante de l'affectation de la couverture végétale et un complément de typologie/inventaire pour les habitats non surfaciques seront nécessaires. La validation finale et la restitution des données et cartes nécessitera aussi un temps conséquent non compris dans cette planification. Pour l'ensemble de la région Ile-de-France, la surface à cartographier a en effet été évaluée à 348 000 ha (29% de l'Île-de-France) sur la base de la carte ECOMOS, réalisée par l'IAURIF (voir plus loin). Le travail de cartographie du CBN du Bassin parisien (CBNBP) se déroule à une échelle de terrain du 1/5 000, pour une échelle de restitution au 1/10 000. Les communautés végétales sont cartographiées selon la typologie phytosociologique au niveau de l'association végétale dans la mesure du possible.

En Seine-et-Marne, la priorité du programme, d'une durée prévisionnelle de 4 ans, est mise sur la cartographie surfacique exhaustive de l'ensemble du département. Les prospections sont organisées en fonction de la saison de végétation et de la phénologie des différents types de végétations. Le CBNBP a regroupé au préalable les formations végétales recensées dans l'ECOMOS dans 17 grandes classes de végétations. Cette typologie permet de réaliser des cartes thématiques qui orientent les priorités de prospections.

La méthode détaillée et le déroulement concret du travail sont présentés en Annexe 3 avec les enseignements et questions que soulève aussi ce projet d'ampleur dans une région pourtant relativement simple concernant les habitats naturels (voir Annexe 3).

d) La cartographie des milieux forestiers du cœur du Parc national des Cévennes

La 'cartographie des milieux forestiers du cœur du Parc national (PN) des Cévennes' porte sur un périmètre de 57 100 ha de forêts dans la zone cœur du Parc national. Sa réalisation s'étale sur 2 ans (2009-2010), avec deux équipes de prospecteurs : Office national des forêts - ONF (4 personnes par an) et Conservatoire botanique national du Massif central - CBNMC (2 personnes par an). Le terrain, partagé entre les deux structures, représentait donc environ 7 500 à 8 000 ha de forêts à prospecter par an pour chacun des deux prospecteurs CBN (soit 25 journées de prospection chacun).

La cartographie est fondée sur une typologie des habitats forestiers déjà établie (Boissier 2009), sur une base phytosociologique. Les 3 essences forestières dominantes ont été renseignées pour chaque polygone, ce qui a amené à distinguer les sylvo-faciès, ainsi que des niveaux de « sénescence » et « d'accueil de la faune » (code à trois niveaux hiérarchiques).

Le seuil minimal de détection pour les polygones était de 0,7 ha. Des systèmes de mosaïques ont donc été utilisés pour les habitats linéaires de mégaphorbiaie et d'aulnaie-frênaie de petits cours d'eau difficilement cartographiables au 1/17 000.

Par ailleurs, la présence de la flore patrimoniale du Parc a été renseignée pour les polygones contenant une ou plusieurs de ces espèces.

Pratiquement, le travail de cartographie a nécessité au préalable une 'pré-polygonisation' au 1/5 000.

Pour le travail de terrain, l'ONF a utilisé des tablettes PC durcies, avec digitalisation directe sur écran et remplissage des tables attributaires. Le CBNMC a quant à lui eu recours à des bordereaux papier (= tirage papier des orthophotoplans au 1 / 17 000) et GPS pour la localisation sur écran et l'exploitation de données cartographiques disponibles (orthophotoplans IGN, délimitation des formations végétales).

Le CBNMC a calculé que cela revenait, pour le CBNMC, à 200 ha cartographiés par jour et par opérateur, en intégrant toutes les étapes (prépolygonisation, prospections de terrain et saisie des données de terrain dans la base de données).

Il est prévu de comparer les temps de réalisation ONF et CBNMC dès que les éléments correspondants seront connus.

e) Le projet d'Atlas par maille des habitats du Pôle Biodiversité régional en Rhône-Alpes

Mieux connaître la distribution rhônalpine des habitats (végétations naturelles et semi naturelles) est un des axes de travaux retenus pour une meilleure évaluation du patrimoine naturel régional dans le cadre des travaux engagés par les Conservatoires botaniques nationaux Alpin (CBN Alpin) et du Massif Central (CBN MC) auprès et avec le concours financier de la région Rhône-Alpes.

L'appréhension et la connaissance de la distribution fine des végétations, à l'échelle d'un territoire aussi vaste et contrasté que celui de la région Rhône-Alpes, est un travail de longue haleine. Aussi, pour pouvoir répondre à des demandes à court terme sur la connaissance de la répartition régionale des habitats, il est retenu de recenser et traduire de façon qualitative (en présence/absence) ou semi quantitative (estimation d'abondance ou de fréquence) les divers habitats observés dans la région Rhône-Alpes, selon un réseau géographique carroyé. Ce travail sur la distribution par maille est complémentaire des travaux de cartographie détaillés de la végétation et des habitats qui sont engagés et se poursuivent en parallèle au coup par coup sur des territoires plus restreints à diverses échelles (Parcs naturels régionaux, SCOT, sites Natura 2000, Espaces naturels sensibles, Réserves naturelles et autres espaces protégés ou faisant l'objet de plans de gestion ...). Les informations sur les habitats recueillies au cours de ces deux catégories de travaux pourront d'ailleurs être mutualisées au bénéfice réciproque de chacune d'elles.

Dans les grandes lignes, pour cet Atlas régional par mailles, il s'agit de :

- traduire selon le référentiel descriptif régional, les informations existantes relatives à la végétation et aux habitats de la région Rhône-Alpes disponibles dans la bibliographie (articles, thèses et cartes de végétations), si celles-ci sont suffisamment descriptives que leur

hétérogénéité relative peut être surmontée et qu'elles sont précisément localisées ou localisables.

- utiliser et traduire de la même façon les informations et les relevés floristiques (phytosociologiques) rassemblés et réalisés par les deux Conservatoires botaniques nationaux dans les bases de données qu'ils ont constitué au travers du Pôle Biodiversité régional.

- recueillir de l'information relative à la végétation et aux habitats, sur les secteurs géographiques (mailles du carroyage retenu, etc.) insuffisamment connus ou mal documentés, par des inventaires de terrain appropriés et ciblés géographiquement, ceci de façon similaire à la manière de ce qui est réalisé pour l'inventaire de la flore.

- compléter en parallèle l'information pour les habitats insuffisamment ou mal connus par la réalisation de relevés phytosociologiques adaptés et géo-référencés.

- transcrire sous forme de cartes de distribution synthétique (en réseau de mailles, en écorégions / districts naturels, etc.) les informations « géographiques » recueillies sur les habitats.

f) Le projet de cartographie des grands types de végétations du Massif armoricain par télédétection et travail de terrain

Afin de renforcer sa mission d'inventaire et d'expertise des habitats naturels sur son territoire d'agrément, le CBN de Brest, en partenariat avec les DREALs et les Conseils régionaux de Bretagne, Basse-Normandie et des Pays de la Loire, l'agence de l'eau Seine-Normandie et le FEDER, a décidé de créer un « pôle habitats ».

Celui-ci, dont la mise en place est effective depuis le début 2010, a vocation à apporter aux acteurs de la gestion des milieux et aux responsables des politiques et stratégies « biodiversité », des réponses concrètes concernant l'identification des communautés végétales présentes dans ces régions, leur état de conservation, leur dynamique, leur localisation et leur étendue spatiale, leur niveau de rareté ou de menace à l'échelle du territoire concerné.

L'un des axes de travail du pôle sera de contribuer à une amélioration sensible de la connaissance de la répartition des habitats naturels de Basse-Normandie, Bretagne et Pays de la Loire.

A cette fin, la démarche envisagée en commun entre le CBN de Brest et le laboratoire LETG (Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique), équipe Costel, du CNRS de Brest, consiste en ce que :

- 1. le CBN fournisse une typologie simplifiée de la végétation qu'il souhaite identifier spatialement (typologie basée prioritairement sur la structure de végétation) ;

- 2. le laboratoire Costel teste les meilleures possibilités d'identification et de représentation cartographique des habitats naturels et semi-naturels à partir des outils de la télédétection sur quelques secteurs ateliers ;

- 3. le CBN fasse du terrain pour valider et fournir au laboratoire les éléments permettant d'affiner au mieux le repérage spatial et la typologie utilisée.

La typologie de base utilisée au CBN de Brest est la phytosociologie sigmatiste et les recherches avec le laboratoire Costel porteront en grande partie sur la manière d'établir des correspondances avec les descriptions de la végétation à des échelles moins fines que pourra permettre la télédétection.

Ce travail débutera au dernier trimestre de 2010.

Les éléments de contexte et la démarche méthodologique sont précisés en Annexe 4.

g) Le projet interreg 'Arch' entre la région Nord-Pas-de-Calais et le Kent en Grande-Bretagne

Le projet ARCH (Assessing regional changes to habitats - évaluer l'évolution des habitats naturels, 2009-2012) regroupe plusieurs partenaires du Kent (Royaume-Uni) - dont le Kent County Council, et du Nord - Pas de Calais dans le cadre du Programme INTERREG IV A 2007-2013 dit « des 2 Mers ». Ce projet a notamment pour objectif d'évaluer l'évolution des habitats naturels et de leur fragmentation et de promouvoir l'utilisation des données sur les habitats naturels dans le cadre des projets d'aménagement.

Côté français, ce projet consiste, entre autres, à réaliser, pour l'ensemble de la région Nord - Pas de Calais, une cartographie des habitats essentiellement par photo-interprétation (typologie CORINE biotopes de niveau 3 adaptée, préétablie par les partenaires du projet tenant compte de la faisabilité technique) sur la base de l'orthophotographie 2009 en couleurs visibles (précision 30 cm) et en infrarouge. Une cartographie, moins détaillée, sur la base de l'orthophotographie 2005 est également prévue afin d'étudier les évolutions entre les deux dates.

La photo-interprétation se fait généralement à l'échelle du 1/5 000 et la taille minimale des polygones est de 100 m². L'échelle de restitution est le 1/10 000. Comme certains habitats sont difficiles à distinguer par photo-interprétation (par exemple les tourbières ou les landes) ou à discriminer (exemple de certaines prairies humides par rapport aux mégaphorbiaies), des données « exogènes » sont utilisées. Ainsi, serviront à préciser la photo-interprétation : la cartographie régionale de l'occupation des sols, la carte géologique, les cartographies existantes d'habitats dont la cartographie du Boulonnais. Ce travail fera aussi l'objet d'allers-retours sur le terrain et de contrôles afin de caler au mieux la photo-interprétation. Ce travail de photo-interprétation a été confié à un groupement de bureaux d'études spécialisés en photo-interprétation, SIG et en connaissance de végétations régionales (SIRS – ALFA). Par ailleurs, le 'CBN de Bailleul' (CBNBL) intervient en appui scientifique et technique sur ce projet (connaissance des végétations et correspondances entre typologies, aide à la reconnaissance des végétations sur le terrain, mise à disposition de cartographies disponibles...). Le CBNBL effectuera également des contrôles ciblés et aléatoires pour vérifier la qualité ou la pertinence de la photo-interprétation.

Parmi les autres attendus du projet, il y a la mise en œuvre d'un indice de fragmentation des habitats et l'étude exploratoire des nouvelles technologies utilisables (télédétection) pour la mise à jour ultérieure de la cartographie.

2.2.1.2. Les cartographies thématiques

a) Les cartographies de zones humides

Pour les zones humides, qui bénéficient régulièrement d'un intérêt tout particulier, il existe depuis plusieurs années différentes initiatives locales ou nationales d'inventaires et/ou de cartographies des zones humides, faisant appel à des typologies et méthodes très diverses et tenant plus ou moins compte de la végétation.

- Le logiciel de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie

Il s'agit d'un logiciel développé à partir de ZonHum, le logiciel du 'Tronc commun national' développé par l'IFEN (actuel SoeS, Service de l'observation et des statistiques du Ministère de l'Ecologie) et le Sandre, destiné au stockage et à l'harmonisation des données d'inventaires de zones humides. Il rassemble les rubriques devant être prises en compte lors des inventaires des zones humides sur le territoire national. Créé en 2004, il n'a pas été mis à jour depuis cette date.

- La méthode Medwet et le cahier des charges du Bassin Rhône-Méditerranée-Corse (RMC)

La méthode Medwet est une méthode commune d'inventaire et de suivi applicable à l'ensemble des zones humides du Bassin Rhône-Méditerranée et plus particulièrement les zones humides littorales. La méthode développée fait référence à la définition très générale de la Convention de Ramsar. Les critères qui permettent d'identifier et de délimiter les zones humides sont les suivants : l'hydrologie, la végétation et la pédologie.

À cette méthode, le bassin RMC a ajouté un cahier des charges pour la réalisation d'inventaires incluant un SIG et un rendu cartographique au 1/25 000.

- La Carte de France des milieux à composante humide

Une carte des milieux à composante humide a été élaborée par l'IFEN (Institut français de l'environnement, aujourd'hui SOeS) et le Muséum national d'histoire naturelle MNHN, en 2001, à partir de l'exploitation et de la synthèse de couches géographiques alors disponibles au plan national. Elle a été mise à jour en mai 2009 par le Service de l'observation et des statistiques (SOeS). Cette carte porte sur le territoire métropolitain et la superficie des zones ainsi délimitées s'élève à 2,2 millions d'hectares (Figure 11).

Elle ne vise cependant pas la représentation exhaustive de l'ensemble des zones humides de France, mais permet de visualiser les grands ensembles humides des vallées, des façades littorales, des massifs montagneux et des plaines.



Figure 11 – Carte de France des milieux à composante humide

Source : CGDD/SoeS - MNHN (version 2, mai 2009)

En pratique ce document présente tout d'abord l'exploitation des diverses couches d'information géographique disponibles dans lesquelles ont été identifiés des milieux humides : ZNIEFF de première génération, SIC Natura 2000, CORINE Land Cover 2006. Pour chaque couche d'information géographique, les milieux humides ont été identifiés et retenus dans la couche résultante. La carte finale résulte ainsi d'une agrégation des différentes couches d'information géographique utilisées. En fonction de cela, les cartes produites sont exploitables au 1/100 000 et au-delà.

Une autre carte, réalisée par le SOeS, intitulée « les zones humides d'importance majeure », exploite cette couche d'information. Elle figure 152 sites d'observation et 71 massifs de tourbières choisis dans le cadre d'un suivi par l'Observatoire Nationale des Zones Humides (ONZH) et ne comprend pas uniquement des zones humides. Aucun élément relatif à la végétation n'est renseigné.

- La 'Carte de France des zones à dominante humide'

Dans le cadre du nouveau plan d'action national en faveur des zones humides (PNZH), le Ministère en charge de l'Ecologie - Bureau des milieux aquatiques, souhaite réaliser également en 2010-2011 une 'Carte de France des zones à dominante humide', sur la base des données disponibles (métropole et outre-mer) en provenance de pré-inventaires ou d'inventaires. Il a confié dans un premier temps ce chantier au Centre d'études techniques de l'Équipement (CETE) Normandie-Centre, indépendamment du présent projet de cartographie des végétations en général.

Cependant, à la double demande récente (octobre 2010) du bureau « des milieux aquatiques » et de celui de « la connaissance et de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité » du Ministère en charge de l'Ecologie il est maintenant prévu d'articuler la complémentarité entre les besoins du Plan National d'action Zones Humides (PNZH) et le programme national de cartographie des végétations et habitats. La réflexion sur cette articulation devrait être menée avec la contribution du SPN-MNHN, du SOeS, du Forum des Marais Atlantiques, de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, d'une Dreal, de l'Onema, de l'Inra, du Cemagref, du CETE Normandie-Centre et de la FCBN.

En outre, de nombreux programmes "zones humides", réalisés ou en cours, (inter-)régionaux ou départementaux, existent actuellement avec très souvent une implication importante des Conservatoires botaniques nationaux (CBN) correspondants (caractérisations typologiques ou d'indices, cartes ou atlas, etc...), en particulier dans la grande moitié Nord de la France : Massif Armoricaïn, Nord Pas de Calais, Picardie, Champagne-Ardenne, Bourgogne, Franche-Comté, Limousin, Val de Marne, Allier.... Il apparaît donc important de pouvoir structurer et coordonner cette approche plus particulièrement et plus finement au sein de l'approche de cartographie générale des végétations, avec les moyens spécifiques et/ou à même de mettre en relation les initiatives existantes.

b) Le couvert forestier de l'IFN

Le couvert forestier bénéficie aussi d'une attention toute particulière de la part d'un organisme dédié à son inventaire. La cartographie de l'IFN (Inventaire Forestier National) couvre en effet l'ensemble des espaces naturels et semi-naturels du territoire métropolitain, c'est-à-dire les surfaces forestières, mais aussi, dans une certaine mesure, celles occupées par les maquis et garrigues, les landes et les pelouses, soit un tiers du territoire (Figure 12). On notera toutefois que seul le niveau forestier est détaillé en légende dans les cartes produites.

« Le processus de réalisation de la cartographie des types de formations végétales est fondé sur un partenariat avec l'Institut géographique national (IGN) depuis 2007 et permet l'élaboration d'une nouvelle carte du couvert forestier de la France cohérente avec les fonds de l'IGN au 1/25 000. La couverture [de photographies aériennes] BD ORTHO® de l'IGN est progressivement disponible en infrarouge fausses couleurs (IRC) et constitue désormais le document source pour la cartographie de l'IFN, permettant ainsi de disposer des mêmes images que celles utilisées par l'IGN pour réaliser ses produits.

La première phase de réalisation de la carte consiste, à partir de la BD ORTHO® IRC, à cartographier la végétation arborée afin de produire une couche conforme au produit IGN « F – Occupation du sol : végétation » de la BD TOPO®, plus communément appelé « fond vert ». Pour cette première phase, des outils de segmentation et de classification automatique sont utilisés par les photo-interprètes de l'IFN qui réalisent le travail pour les zones rurales tandis que le personnel de l'IGN se consacre aux espaces urbains.

Dans une seconde phase, l'IFN produit à partir de ce « fond vert », sa cartographie des types de formations végétales. Après une généralisation au seuil de 50 ares, l'enrichissement thématique est réalisé. Il s'appuie sur une nouvelle nomenclature qui prend en compte la couverture du sol, la densité du couvert végétal, la composition du peuplement et les essences qu'il est possible de distinguer par photo-interprétation. Le niveau le plus fin de la nomenclature n'est renseigné que pour les entités supérieures à 2 ha. Le recours à d'autres informations forestières (données des points d'inventaire terrain IFN, ancienne cartographie, etc.) apporte aussi une aide précieuse aux photo-interprètes pour ce travail d'enrichissement. Cependant des tournées de vérification sur le terrain restent nécessaires. Elles représentent environ 350 heures pour un département. » (Source : IFN).



Figure 12 - Carte de France du couvert forestier (Source : IFN)

La typologie IFN (voir Annexe 5) est essentiellement fondée sur la composition en essences forestières. Il s'agit d'une typologie à déterminante physiologique plutôt qu'écologique comme c'est le cas des typologies phytosociologiques par exemple. De ce fait, la mise en correspondance de la typologie IFN avec une classification à base phytosociologique s'avère délicate et nécessite des adaptations locales importantes pour une même catégorie : une « forêt fermée de hêtre pur » n'aura pas le même correspondant phytosociologique dans le Massif central et dans les Vosges par exemple. Les cartes de l'IFN ne constituent pas des cartes de végétations au sens phytosociologique mais des cartes des « formations végétales », plus informatives sur la structure de la végétation et les espèces forestières dominantes que sur les groupements floristiques associés. Ce fond pourrait ainsi être très utile lors de l'élaboration de la segmentation des fonds de cartes préparatoires à la réalisation de la Carte de France des végétations au 1/50 000, ou focus plus précis. Il permettrait notamment de localiser les complexes de végétations susceptibles de faire l'objet de prospections plus ciblées sur le terrain pour renseigner la nature de la végétation.

Il existe au demeurant des conventions et programmes d'échanges et confrontations des données et des expertises entre des CBN et des antennes interrégionales de l'IFN afin i) de permettre d'affiner l'information floristique recueillie par les agents de l'IFN et ii) intéresser les personnels des CBN aux techniques et outils de la photo-interprétation notamment.

Nous avons en outre vu que des expériences de cartographies du couvert forestier avec une précision phytosociologique peuvent avoir lieu dans le cadre de territoires particuliers, comme cela est notamment le cas dans le Parc National des Cévennes avec l'ONF et le CBN du Massif Central (voir plus haut).

2.2.1.3. Les cartographies nationales du couvert végétal en France

a) La Carte de la Végétation de la France du CNRS au 1/200 000, dite 'carte Gaussen'

La Carte de la Végétation de la France au 1/200 000 (que nous référencerons désormais dans la suite du document comme la « Carte de végétation du CNRS ») est la seule à couvrir l'ensemble du territoire français (Corse incluse). Elle repose sur le constat que la végétation se distribue en ensembles cohérents, selon des « séries de végétation » (ou « étages de végétation » en montagne), dont la répartition géographique est déterminée par les conditions du milieu, le climat et la nature des sols (Gauquelin *et al.*, 2005). Chaque série ou étage se définit à travers une essence forestière dominante (série du Hêtre, série du Chêne liège...). La carte de végétation au 1/200 000 a été élaborée de 1947 à 1987, soit en 40 ans, sous la forme de 64 feuilles cartographiques (cf. Figure 13) par le Service de la Carte de Végétation (SCV) basé à Toulouse. L'analyse des cartes montre que 80% des cartes a en fait été réalisé entre 1960 et 1980 (Leguédouis *et al.*, 2009). L'élaboration des feuilles était confiée à des cartographes phytogéographes locaux sous la supervision de l'équipe toulousaine. 52 auteurs ont contribué à la carte mais 14 d'entre eux, répartis en cinq équipes en ont réalisé la grande majorité (voir Leguédouis *et al.*, 2009). C'est cette organisation décentralisée basée sur seulement quelques équipes et encadrées par l'équipe coordinatrice qui a permis d'obtenir une carte relativement homogène à l'échelle française (Gauquelin *et al.*, 2005).



Figure 13 – Assemblage mural de la Carte de Végétation de la France au 1/200 000 du CNRS
(Tiré de Rey 2009)

Le principe de cartographie est fondé sur des considérations écologiques retranscrites jusque dans le choix des couleurs et de la légende (voir Annexe 6), qui a conféré à ces cartes un caractère lisible et parlant, y compris pour des non spécialistes, ce qui a aussi contribué au succès de cette entreprise.

Les cartes sont en outre « dynamiques » en ce sens qu'elles représentent le stade de la série de végétation selon le principe que la végétation observée ne correspond pas toujours au stade mature de la végétation forestière potentielle (dite 'tête de série'). Les différents stades de maturation de la couverture végétale (pâturages, pâturages en déprise, landes...) sont représentés par des nuances de la couleur de tête de série, ainsi que sous forme de symboles en particulier pour les activités agricoles.

En définitive, les différentes unités de végétations cartographiées correspondent à des types de végétations observées ou attendues (essentiellement forestières en région planitiaire mais elles peuvent être herbacées, par exemple en altitude) identifiées par une ou plusieurs essences principales (par exemple : « série du Pin sylvestre »). À chaque série plusieurs types de végétations sont associés, correspondant à des stades dynamiques plus ou moins avancés du sol nu vers le boisement (lorsqu'il s'agit d'une série forestière). Chaque série de végétation répond à des caractéristiques pédologiques et climatiques. À base phytoécologique, les séries de la carte du CNRS sont abordées de manière très synthétiques et l'éventuelle mise en correspondance avec la typologie phytosociologique actuelle implique un travail d'analyse assez fin.

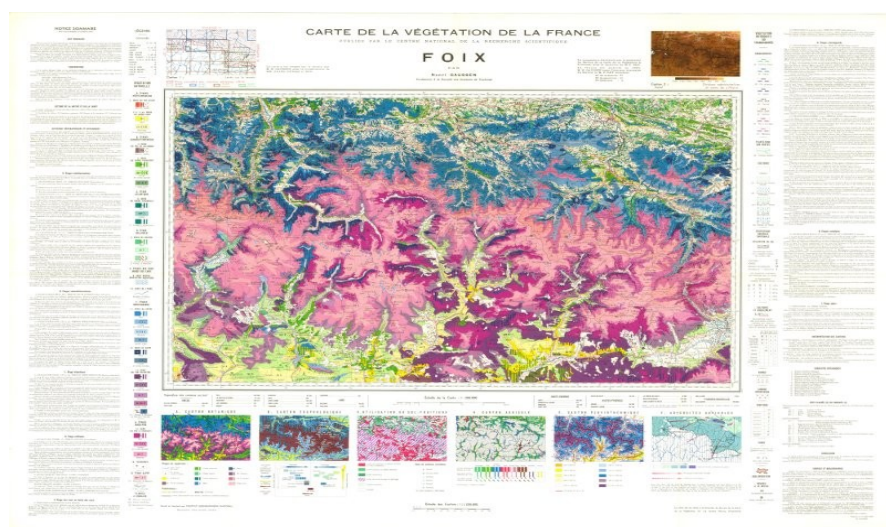


Figure 14 – L'une des 64 feuilles (130x80 km) de la Carte de Végétation de la France au 1/200 000 du CNRS - secteur de Foix (09), à la frontière espagnole dans les Pyrénées

Séries : jaune – chênes verts ; verts - chênes caducifoliés; bleus – hêtres et sapins; roses et violets – pins; blanc – zones agricoles et urbaines.

Les principes et le détail de réalisation de la carte CNRS ont été exposés dans plusieurs documents (Gauquelin *et al.* 2005, Leguédouis *et al.* 2009, Rey 2009) et des éléments de précisions sont également rapportés en Annexe 6.

b) La base de données géographique de la végétation de la France (BDGveg) au 1/1 250 000

Cette base de données a été constituée par un groupe de travail pluri partenarial coordonné par le Laboratoire d'Ecologie fonctionnelle basé à Toulouse (Ecolab – S. Leguédouis et A. Probst) et financée par l'Ademe à hauteur de 221 000 € pour un montant total de 421 000 €, réalisée sur 30 mois. Elle a pour objet la cartographie des unités de végétations présentes ainsi que la description de leur composition floristique. Elle s'appuie principalement sur la numérisation des 'cartons' au 1/1 250 000 de la Carte de Végétation du CNRS (Leguédouis *et al.*, 2009). Ce projet, à l'initiative d'une équipe actuelle du CNRS, a été mis en place pour répondre aux obligations françaises dans le cadre de la convention internationale de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance, qui repose notamment sur l'évaluation des « charges critiques » en polluants (dont les polluants azotés) reçues par les milieux naturels. L'évaluation de ces charges critiques nécessite au préalable une bonne connaissance de la végétation des milieux naturels et semi-naturels du territoire à cartographier (Leguédouis, 2009). Dans le cadre de ce travail, une base de données (BDGveg) a été constituée par scannage et vectorisation des cartons de synthèse au 1/1 250 000 que l'on trouve associés aux cartes du CNRS au 1/200 000.

En parallèle, les cartes au 1/200 000, également scannées, mais non vectorisées jusque là, ont été assemblées suite à leur redressement et géoréférencement. Cette donnée au 1/200 000 n'a pour l'instant été mobilisée que comme une donnée raster - image.

Les cartons vectorisés au 1/1 250 000 (couverture « Végétation - Etat 1940-1990 ») a lui fait l'objet d'améliorations, dont une harmonisation typologique des légendes et une actualisation de la couverture « à dire d'experts », puis d'une validation à l'aide de croisements de données, notamment floristiques (IFN en particulier), et d'une mise en correspondance des unités de végétations de la carte numérisée avec la typologie phytosociologique au niveau alliance du Prodrome des végétations de France (PVF). La typologie obtenue *in fine* et retenue pour la BDGveg comprend 157 unités typologiques de végétations qui correspondent à des stades de végétation et des faciès, regroupés en 97 séries de végétations (voir détails *in* Leguédois *et al.*, 2009).

2.2.1.4. Les cartes d'occupation du sol avec composante végétale notable

a) Carte de l'occupation du sol en France – CORINE Land Cover (CLC)

La carte de l'occupation des sols de France (CORINE Land Cover) n'est pas une carte de végétation à proprement parler. Toutefois une brève description de sa constitution et des éléments de coût nous paraissent intéressants à rapporter ici dans la mesure où cette carte fait l'objet d'une réactualisation régulière à l'échelle nationale et européenne et qu'elle comprend des postes « milieux naturels ».

La base de données géographiques CORINE Land Cover est produite dans le cadre du programme européen de 'Coordination de l'information sur l'environnement' - CORINE. Il s'agit d'un inventaire biophysique de l'occupation des terres. En France, le Service de l'observation et des statistiques (SOeS) du ministère en charge de l'Ecologie a pour mission d'en assurer la production (qui est en fait sous-traitée), la maintenance et la diffusion.

La superficie décrite s'élève à 550 000 km² (territoire métropolitain) auxquels il faut ajouter les espaces marins et limitrophes. Une extension aux Départements d'Outre-Mer est en cours. La méthode de production consiste en de la de photo-interprétation visuelle d'images satellites (SPOT 4 et IRS en 2006) d'une résolution de 20 m, assistée de données d'appui telles que des photographies aériennes (BD ORTHO® IGN) ou de cartes topographiques ou thématiques diverses (ex. BD CARTO® IGN).

La donnée existe actuellement pour les années 1990, 2000 et 2006 (Figure 15). La couche CLC 2006 a été produite par identification et addition des changements 2000-2006 sur une donnée 2000 révisée. Des bases des changements de plus de 5ha entre 1990-2000 et 2000-2006 sont également disponibles.

Voir : <http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/index.php?id=88>

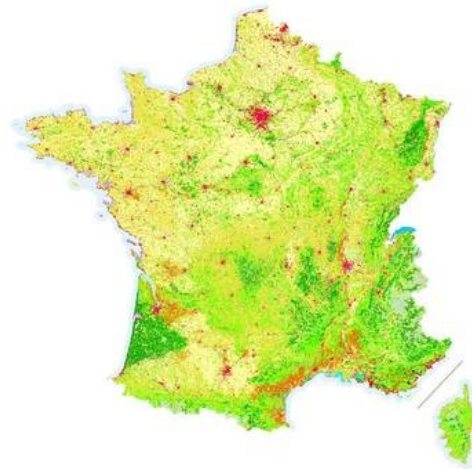


Figure 15 - Carte d'occupation des sols CORINE Land Cover 2006

source : MEEDDM – SoeS

L'information produite par CORINE Land Cover doit être homogène, strictement comparable pour tous les pays concernés et susceptible d'être mise à jour périodiquement. Trois principes fondamentaux ont donc été définis afin de satisfaire ces conditions :

- l'échelle de travail (1/100 000) : adaptée aux besoins nationaux et européens de suivi et de gestion de l'environnement et d'aménagement de l'espace, elle est compatible avec les contraintes de coût et les délais de réalisation permettant d'envisager une mise à jour assez régulière ;
- la superficie minimale des unités cartographiées : le seuil de description est de 25 ha pour les éléments surfaciques et de 100 m pour les éléments linéaires ;
- la nomenclature d'occupation du sol hiérarchisée en 3 niveaux : 5 postes au niveau 1, 15 postes au niveau 2 (échelle du 1/500 000 au 1/1 000 000) et 44 postes au niveau 3 (échelle du 1/100 000).

La nomenclature est orientée sur l'occupation biophysique du sol et non sur son utilisation ; elle privilégie donc la nature des objets (forêts, cultures, surfaces en eau, roches affleurantes...) plutôt que leur fonction socio-économique (agriculture, habitat...). Notons également que pour satisfaire au critère de superficie minimale des unités cartographiées, certains modes d'occupation des terres ont dû être regroupés au sein de postes mixtes : 'systèmes parcellaires et cultureux complexes', 'territoires principalement occupés par l'agriculture, avec présence de végétation naturelle importante'.

La base est pertinente à l'échelle nationale, départementale et cantonale. En revanche, l'analyse de l'occupation du sol avec CORINE Land Cover à l'échelle communale est très grossière : à cette échelle les informations produites seront à la fois pauvres d'enseignement et peu précises.

La base CLC 2006 a été réalisée en un an et demi - dont 6 mois de production - (contrairement aux données antérieures : 10 ans pour 1990 puis 4 ans pour 2000) pour un coût global de 600 000 €.

Il existe par ailleurs de nombreuses initiatives régionales ou locales affinant la couverture Corine Land Cover pour les types de végétations : Ecomos en Ile-de-France, Ocsol PACA et Languedoc-Roussillon (méthodologie similaire), Bd OCS en Alsace, etc.

Par exemple ECOMOS, réalisée par l'IAURIF (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Ile de France) renseigne les types d'occupation naturelle des sols sur 348 000 ha (soit 29% du territoire de l'Ile-de-France, le reste correspondant à l'urbanisation et à l'agriculture de labours). Cette carte a été établie, en reprenant les postes 'd'occupation naturelle des sols' de CORINE Land Cover, par interprétation manuelle d'images satellites utilisant 3 canaux (i-IR moyen, ii-IR proche et iii-Rouge de Landsat). Elle est utilisable au 1/10 000 (plus petit polygone représenté = 2 000 m²) et comprend 140 postes de légende hiérarchisés en 6 niveaux (le niveau 1 correspondant au niveau 3 de CORINE Land Cover). Un recensement plus complet de ces bases d'occupation du sol régionales et locales serait à réaliser pour disposer de données plus précises que CORINE Land Cover, partout où cela est possible.

b) La carte des grands types « phyto-éco-physiologiques » du modèle de prédiction du climat de MétéoFrance (ECOCLIMAP 2)

Afin d'intégrer l'effet du couvert végétal dans les modèles climatiques et météorologiques, les laboratoires de recherche de MétéoFrance à Toulouse (CNRM) ont réalisé une carte actuelle d'occupation des sols et du couvert végétal de la France fondée sur une typologie des grands types d'occupation du sol et de végétations avec une résolution de 1 km (Figure 16). Cette couche est issue d'une extension de CORINE Land Cover et d'analyses d'images SPOT-VEGETATION (de résolution 1km), par calcul d'indices de végétation (NDVI), pour essayer d'identifier des écosystèmes écologiquement homogènes. L'intérêt de MétéoFrance est de caractériser ainsi le couvert végétal sous un angle éco-physiologique (en particulier en terme de proportions de plantes à métabolisme en C3 ou en C4, d'arbres feuillus et de conifères...) afin de prendre en compte notamment les caractéristiques d'évapotranspiration et de bilan énergétique du couvert végétal (voir Brut *et al.* 2009).

Une validation terrain de ces cartes et un renseignement phytosociologique de celles-ci pourraient intéresser l'équipe de MétéoFrance pour mieux caractériser la biodiversité qu'elles recouvrent et pouvoir peut-être aussi mieux intégrer les changements liés à des dynamiques de végétations différentes selon les espèces et communautés végétales en présence.

Une carte nationale des végétations de France pourrait donc conforter ce modèle.

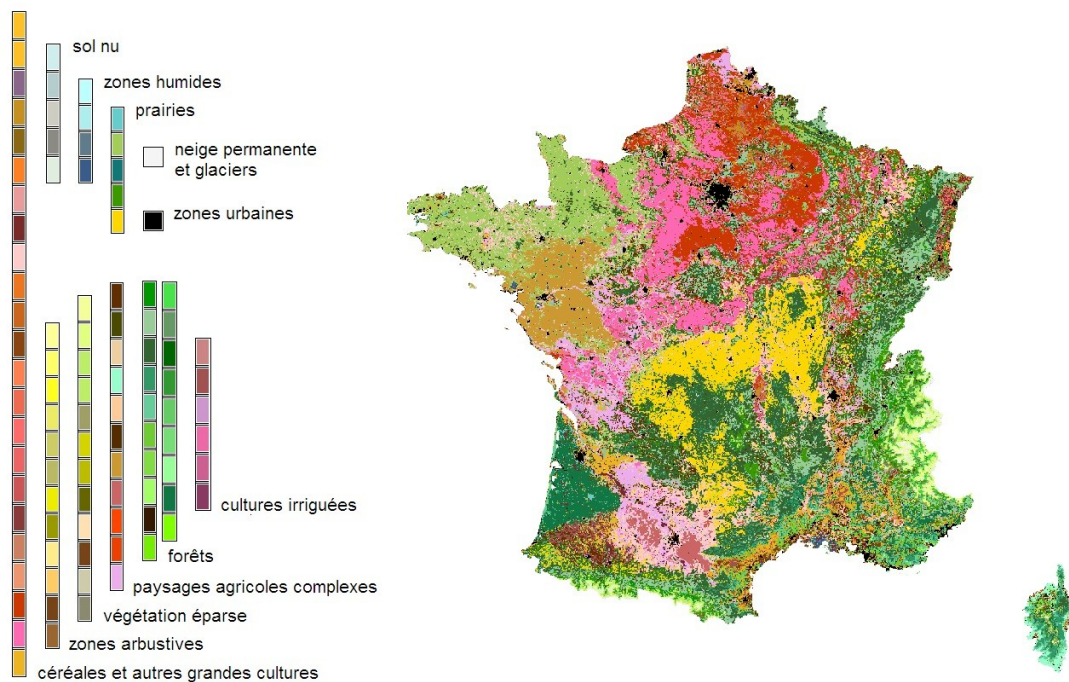


Figure 16 – Carte ECOCLIMAP 2 (voir Han et al. 2004)

Source : CNRM – MétéoFrance -Toulouse (janvier 2010)

Le Tableau 4 page suivante récapitule les expériences citées pour la France et les principales caractéristiques des cartes. Remarquons en particulier que la plupart des expériences qui ont pu être menées à leur terme de façon homogène sur de très grandes superficies tout en étant jugées 'de qualité' ont presque toujours allié terrain et photo-interprétation. C'est en effet le cas de la Carte de Végétation de la France au 1/200 000, du couvert forestier de l'IFN ou de Corine Land Cover, et de l'Ecomos en région parisienne, par exemples.

intitulé	échelle de restitution	date de publication	typologie	territoire	superficie	opérateurs	méthode de cartographie	format
<i>Cartographies régionales</i>								
Carte des végétations du Boulonnais	1/25 000	2002	Phytosociologie	Boulonnais (62)	59 300 ha	CBN BI	Terrain. Prospection sur l'ensemble des polygones tracés (sauf zones forestières situées en propriété privée de moins de 5 ha).	Couches SIG d'origine
Carte des végétations du PNR du Pilat	1/5 000	2005	Phytosociologie	PNR Pilat	70 000 ha	CBN MC	Terrain. Prospection sur l'ensemble des polygones tracés	Couches SIG d'origine
Carte des végétations de Seine-et-Marne et d'Île-de-France	1/10 000	2006-2010 et 2009 – 2013	Phytosociologie	Région Ile-de-France	348 000 ha	CBN BP	Prospections de terrain, photo-interprétation et bibliographie	Couches SIG d'origine
Cartographie des milieux forestiers du PN Cévennes	1/17 000 ?	2010	Phytosociologie	PN Cévennes	57 100 ha	CBN MC	Prépolygonisation par photo-interprétation, puis terrain.	Couches SIG d'origine
Atlas par maille des habitats en région Rhône-Alpes	mailles 10 x 10 km	en cours	Phytosociologie	Région Rhône-Alpes	4,4 Mha	CBN Alpin / CBN MC	Recensement de données existantes et terrain.	en cours
Projet de cartographie des grands types de végétation du Massif armoricain	Non définie	début prévu fin 2010	Physionomie et phyto-écologie, pouvant être rattachée à phytosociologie	Massif armoricain	6,5 Mha	CBN Brest et Laboratoire Costel / LETG	Télédétection et travail de terrain	en projet
Projet interreg 'ARCH' en région NPDC et Kent (UK)	1/10 000	attendu 2013	Corine Biotopes	Région NPDC	1,2 Mha	CBN BI et BE Sirs – Alfa	Photo-interprétation et données exogènes de compléments et contrôles	en cours
<i>Cartographies thématiques</i>								
Carte des milieux à composante humide	1/100 000	2009	Variable	France	55 Mha	CGDD/SoeS - MNHN	Agrégation de différentes couches d'information (ZNIEFF de première génération, SIC, CORINE Land Cover 2006)	Couches SIG agrégées
Couvert forestier IFN	1 / 17 000	continu	Physionomie	France	55 Mha	IFN	Photo-interprétation, prospections terrain	Couches SIG d'origine

<i>Cartographies nationales du couvert végétal</i>								
Carte de la végétation de la France du CNRS, dite 'carte Gaussen'	1/200 000	1947 - 1987	Phyto-écologie	France	55 Mha	CNRS	Photo-interprétation, prospections de terrain	Papier scanné, géoréférencé, mais non vectorisé
Carte BDGVeg	1/1 250 000	2009	Phyto-écologie, rattachée à physiologie	France	55 Mha	CNRS/INRA	Agrégations de carte de terrain, recouvrements SIG et dire d'experts	Couches SIG vectorisées
<i>Cartographies d'occupation du sol en France</i>								
Carte de l'occupation du sol CORINE Land Cover (CLC)	1/100 000	1990, 2000 et 2006	occupation biophysique des sols 3 niveaux, 44 postes	France	55 Mha	Agence européenne de l'environnement + SOeS France	photo-interprétation manuelle et utilisation de données complémentaires	Couches SIG d'origine
MOS et ECOMOS (Ile-de-France)	1/5 000	1987, 1990, 1994, 1999 et 2003 et ECOMOS 2000	MOS, 83 postes, comp. CLC	Région Ile-de-France	348 000 ha (soit 29% IdF)	IAURIF	Photo-interprétation et utilisation de données complémentaires	Couches SIG d'origine
Carte de Météo France	Résolution 1 km	2009	Phyto-éco-physiologique	France	55 Mha	MétéoFrance	CLC et calcul d'indice de végétations NDVI à partir d'image satellite SPOT-VEGETATION	Couches SIG d'origine

Tableau 4 – Principales caractéristiques des expériences de cartes de végétations portant sur de grandes superficies en France, présentées ci-avant.

Source : CBN et FCBN – Compilation : D. Salmon et J. Olivier (FCBN)

2.2.2. En Europe

Nous avons complété la synthèse des cartes existantes en France par une recherche des différentes réalisations et projets de cartes de végétations et d'habitats naturels sur de grandes superficies dans les pays voisins de la France ou à l'échelle de l'Europe entière. Pour cela la bibliographie ainsi que les ressources en ligne sur Internet ont été consultées. Lorsque cela a été possible, les auteurs des cartes identifiées ont été rencontrés. Quelques expériences d'envergure ont plus particulièrement attiré notre attention. Nous les présentons ci-dessous. Nous attirons toutefois l'attention du lecteur sur le fait que cet inventaire n'est pas exhaustif.

2.2.2.1. Dans des pays voisins de la France

a) En Suisse

- Carte des végétations naturelles probables du canton de Genève

L'université de Genève, en collaboration avec les Conservatoires et Jardins botaniques de la ville de Genève et le Grid – Europe (Unep) a développé un programme de cartographie des habitats naturels de l'agglomération franco-valdo-genevoise (cf. Allenbach *et al.* 2009). La carte couvre une superficie de 113 km². Son coût de réalisation a été établi à 30 000 euros mais il est, d'après ses auteurs, largement sous-estimé. La carte repose sur une méthode semi-automatique de traitement d'images. Elle est basée sur un fond Spot de 2005 segmenté à l'aide du logiciel *definiens / e-cognition*. Une liste des principaux milieux naturels présents sur le territoire a été établie puis une synthèse des cartes de végétations existantes a été réalisée de manière à constituer un échantillon le plus représentatif possible des différents milieux naturels. Les cartes existantes correspondaient pour la plupart à des sites protégés ou d'intérêt patrimonial et représentent donc une bonne image de la diversité des habitats naturels de l'agglomération. La comparaison des unités cartographiées avec les polygones obtenus par traitement d'image a ainsi permis de modéliser et prédire la présence des milieux naturels. Pour chaque polygone, on obtient ainsi une probabilité de présence de l'ensemble des milieux naturels de l'agglomération. Un système expert basé sur la connaissance des milieux naturels de l'agglomération (à chaque milieu sont associés des paramètres environnementaux tels que topographie, altitude, climat... et des paramètres spectraux) couplé aux résultats des prédictions a ensuite permis d'affecter le type d'habitat naturel retenu *in fine* pour chaque polygone. 5 à 6% des polygones obtenus par segmentation n'ont pas été identifiés automatiquement et ont été traités par photo-interprétation. Les tests de validation menés par différents experts sur la base de l'interprétation des photos aériennes indiquent une fiabilité de la carte de 90%.

La méthode utilisée permet une actualisation de la carte tous les quatre ans. Des déclinaisons par continuum, obtenus par généralisation des postes de légende relatifs aux différents milieux naturels permettent de visualiser les continuités écologiques de l'agglomération.

Voir aussi: <http://www.esrifrance.fr/SIG2009/jardinbotgen.htm>

- Cartes de la distribution potentielle des milieux naturels de Suisse (Delarze R. *et al.*, 1998)

Il existe également en Suisse des cartes de distribution des habitats naturels (selon la typologie Corine Biotope) réalisées dans le cadre d'un guide sur les habitats naturels. Ces cartes sont fondées sur une méthodologie d'exploitation des données floristiques mise au point pour représenter la probabilité de présence des habitats selon les différentes régions naturelles de Suisse (7 régions).

Nous n'avons pas rencontré les auteurs de cette méthode.

b) En Espagne

- Carte des habitats de Catalogne au 1/50 000, par relevés exhaustifs de terrain

Cette carte a été développée et menée à bien en 6 ans (1998-2004) par le « Groupe de Géobotanique » de l'Université de Barcelone, elle concerne l'ensemble du territoire de Catalogne en Espagne, soit 32 000 km², et repose sur des relevés de terrain. La présentation de ce travail est disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.ub.edu/geoveg/cast/linia.php?codi=CARVEG>
Cette carte représente à notre connaissance le travail le plus complet et actuel utilisant une typologie phytosociologique avec une observation directe des végétations sur le terrain pour une superficie aussi importante.

La réalisation de cette carte a impliqué :

- 1 - L'établissement d'une typologie cartographique (par subdivision puis regroupement des types Corine Biotopes de manière à être i) en adéquation avec la richesse et les particularités des habitats naturels de Catalogne, tout en étant ii) identifiables rapidement sur le terrain, et iii) cartographiables ;
- 2 - La préparation des fonds de cartes au 1/50 000 par détournement manuel des « polygones » directement à l'écran dans un SIG sur fond d'images aériennes et/ou satellites en couleurs et Infra-Rouge (type Ortho-photo IGN au 1/25 000) : taille minimale des polygones 2 ha ; carte subdivisée en feuilles rectangulaires de 500 km² chacune préparées les unes après les autres.
- 3 - Les levés de terrain par attribution à chaque polygone d'un rattachement typologique (combinant éventuellement jusqu'à 3 types d'habitats par polygones en indiquant les proportions respectives - minimum de prise en compte 20% - occupées par chacun des types au sein du polygone). Les levés de terrain ont été incorporés au fur et à mesure du travail dans le SIG. L'unité minimale cartographique est de 2 ha (avec informations ponctuelles – tourbières - ou linéaires en complément) ;
- 4 - Un assemblage des feuilles avec un travail d'ajustement des légendes sur les zones de raccords entre feuilles.

N.B. : Le fait de délimiter les polygones a priori, feuille par feuille (rectangulaire), puis d'effectuer les levés de terrain par feuilles, a pu présenter l'intérêt de « consolider » la carte en permettant un croisement et une confrontation des expertises, mais il a impliqué ensuite un travail un peu plus long de « raccord » entre les feuilles traitées par différents auteurs.

- Carte des habitats d'Espagne au 1/50 000, par télédétection et terrain d'appoint

L'État espagnol a aussi procédé en deux étapes (Habitats d'Intérêt Communautaire et Tous Habitats) à une cartographie de l'ensemble de son territoire pour l'ensemble des habitats naturels et semi-naturels par une méthode essentiellement fondée sur de la télédétection assortie de vérifications terrain d'appoint. L'ensemble du processus est présenté sur :

<http://www.marm.es/es/biodiversidad/servicios/banco-de-datos-biodiversidad/informacion-disponible/habitat.aspx>

http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/banco_datos/info_disponible/habitats_1_2.htm

N.B. : d'après nos informations, ce travail portant sur toute l'Espagne a bénéficié de fonds structurels européens importants. De nombreux phytosociologues auraient été mobilisés en Espagne pour réaliser la carte, coordonnée par le Professeur Rivas Martínez de l'Université de Madrid (Richard, D., com. pers.).

Il n'est cependant pas dit que la méthode utilisée ici a donné les meilleurs résultats. La comparaison entre i) la carte des habitats de Catalogne au 1/50 000 de l'Université de Barcelone fondée exclusivement sur des relevés de terrain, et ii) cette carte des habitats également au 1/50 000 pour toute l'Espagne (dont la Catalogne) fondée sur de la télédétection assortie de terrain d'appoint, serait sans doute riche d'enseignements.

Notons, au demeurant, que disposant de cartographies exhaustives (même de qualité moyenne) pour l'ensemble du territoire, l'Espagne développe maintenant une méthode Corine Land Cover bien à elle, repartant de ces cartes existantes comme entraînement d'analyses d'images automatisées [Philippe Dorelon, com. pers. 2010].

Sur la base de la Carte des Habitats de Catalogne des méthodes d'analyse d'images satellites sont également mises au point actuellement (Moré et al., sd).

Des expériences et initiatives importantes existent dans plusieurs autres pays voisins de la France, en particulier en Belgique, en Italie ou en République Tchèque, mais sans que nous ayons pu, dans le temps imparti, contacter et/ou rencontrer leurs protagonistes et renseigner davantage ces initiatives. Un panorama de l'ensemble des initiatives existantes pour chacun de ces pays serait toutefois à poursuivre.

2.2.2.2. Couvertures européennes

a) Modélisation pan-européenne de la distribution des habitats de la directive « Habitats » (Mücher et al., 2009)

« Une méthode est proposée [par des auteurs néerlandais] pour identifier la distribution spatiale des habitats à travers l'Europe afin que leur aire de répartition réelle puisse être déterminée. Cinq étapes méthodologiques sont nécessaires en commençant par : i) la sélection de jeux de données spatiales appropriées ; ii) la définition de règles à partir de la description des habitats de l'annexe I de la directive ; iii) le complément par des connaissances expertes si nécessaire ; iv) l'implémentation de modèles ; et v) une validation.

Des modèles spatiaux ont ainsi été dérivés pour 27 habitats représentatifs des écosystèmes les plus représentatifs. La validation montre que la qualité de la cartographie dépend de la description des habitats mais aussi de leurs caractéristiques spatiales. Ainsi des habitats étendus comme les forêts sont modélisés correctement, alors que des classes d'habitats dispersés comme les milieux aquatiques sont plus difficiles à modéliser. L'ajout de relevés de végétations peut améliorer la modélisation. Cette méthode est présentée [par ses auteurs] comme bien plus performante que les méthodes existant jusque-là et s'améliorera avec l'augmentation de la qualité des informations contenues dans des bases de données]. » [tiré de Mùcher *et al.*, 2009; traduction par nos soins d'un extrait du résumé en anglais]

Cette méthode fait appel à des données environnementales (altitude, sols...) et floristiques (Atlas Florae Europaeae et Carte des Végétations naturelles d'Europe) recoupées avec les cartographies Corine Land Cover.

Certaines équipes de recherche en France proposent dorénavant et déjà de reprendre cette méthode et de l'affiner pour certains types de milieux et habitats particuliers (Ph. Choler, com. pers. 2010).

b) Carte de l'occupation du sol en Europe – CORINE Land Cover (CLC)

La continuité du programme et la diffusion des données CORINE Land Cover pour l'ensemble de l'Europe sont pilotées par l'Agence européenne pour l'environnement. Comme nous l'avons souligné plus haut, l'information produite par CORINE Land Cover (cf. § 2.2.1.4 pour la France) doit être homogène, strictement comparable pour les 38 pays européens concernés (en 2006) et pour les bandes côtières du Maroc et de la Tunisie. Elle doit être susceptible d'être mise à jour périodiquement. Les trois composantes fondamentales que sont l'échelle de restitution, la superficie minimale des unités cartographiées et la nomenclature d'occupation du sol sont donc constantes quelque soit le pays. Les caractéristiques des données restituées sont donc, de manière générale, identique dans l'ensemble des pays concernés. Cependant, les méthodes de production et la qualité de l'interprétation des données peut varier selon les régions, et aucune validation d'ensemble n'a pour l'instant été réalisée sur la base de données finales. CORINE Land Cover représente cependant à ce jour la carte d'occupation du sol la plus homogène pour l'ensemble du territoire européen et à cette échelle.

Voir : <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>

c) Carte ECOCLIMAP 2 Europe (MétéoFrance)

Suivant la même méthode que la carte ECOCLIMAP 2 réalisée pour la France (voir plus haut), MétéoFrance a aussi étendue cette carte (Figure 17) de couvert végétal (« phyto-ecophysiological ») à toute l'Europe et l'Afrique du Nord (voir Faroux et al. 2009).

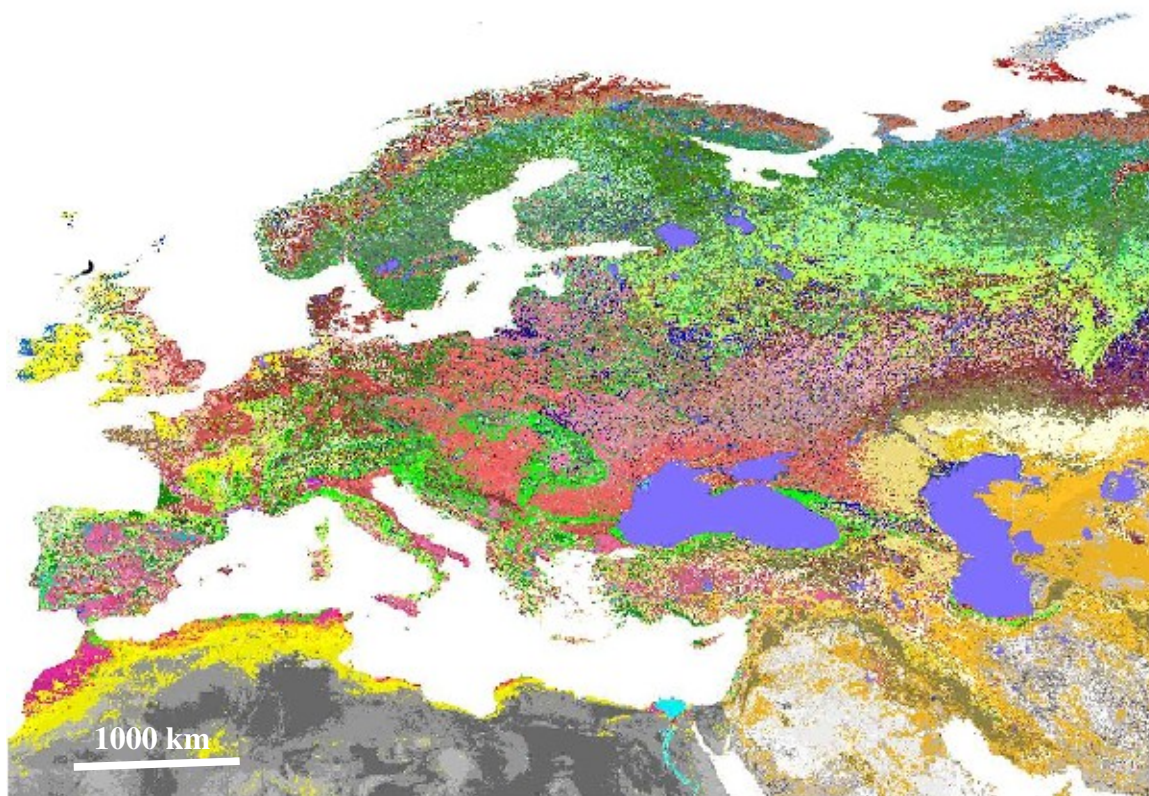


Figure 17 - Carte Ecoclimap 2 – Europe – CNRM-MétéoFrance (Toulouse) – Source : JC Calvet (2009).

d) Les cartes des végétations naturelles en Europe

- La carte de la végétation naturelle de la communauté européenne (PNUE/GRID-Genève 1987)

La carte de la végétation naturelle de la communauté européenne (Communautés européennes, Conseil de l'Europe) a été initialement publiée en 1979, à une échelle du 1/4 000 000. Une deuxième version de cette carte présentant les climax et pseudo-climax (par opposition aux végétations observables) fut publiée par le Conseil de l'Europe en 1987 au 1/3 000 000 (Council of Europe, 1987).

Voir : http://www.grid.unep.ch/GRID_search_details.php?dataid=GNV154

- La carte des végétations naturelles potentielle d'Europe

La « carte de végétation naturelle potentielle de l'Europe » au 1/2 500 000 (cf. Bonn 1994) est le résultat d'une collaboration sur plus de 20 ans de nombreux chercheurs et d'organismes importants dans les domaines de la phytogéographie, de la phyto-écologie et de la cartographie relative à la végétation. La carte couvre l'Europe toute entière jusqu'à l'Oural (pays du Caucase inclus). Elle présente les grandes formations végétales du continent. Son intérêt réside dans la vision synoptique de

la répartition des grands biomes européens en relation notamment avec le climat. Il s'agit non pas d'une carte de la couverture actuelle de la végétation mais d'une projection de ce que devrait être la végétation naturelle en l'absence de facteurs anthropiques. À cette échelle, la nature de la végétation cartographiée s'écarte bien sûr beaucoup des principes cartographiques à mettre en œuvre dans le cadre de notre projet, mais permet de le resituer.

Voir in : <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/digital-map-of-european-ecological-regions>

e) La Carte de la Végétation d'Europe de la Commission européenne (2000)

Une autre carte des grands types de végétations d'Europe a été réalisée dans le cadre du programme « Global Land Cover - GLC2000 » de la Commission européenne.

Voici les éléments de méthodes disponibles sur le site de la Commission européenne :

« Un extrait du GLC2000 [dont il n'est pas dit ici comment il a été réalisé] a été analysé au regard d'autres jeux de données d'occupation des sols européens, comme CORINE ou PELCOM. Ceci a permis d'identifier des classes avec des zones bioclimatiques au sein desquelles la couverture du GLC2000 a pu être précisée. L'occupation du sol a ainsi été recartographiée dans cette région en utilisant des séries temporelles de l'indice de végétation NDVI et une image multispectrale moyennée, de l'année 2000, tous deux issus du capteur satellital SPOT-VEGETATION. »

(extrait de « <http://bioval.jrc.ec.europa.eu/products/glc2000/metadata.php?product=Europe> », traduit de l'Anglais par nos soins)

N.B. : il existe aussi des cartes du Global Land Cover – GLC2000 réalisées selon des méthodes plus ou moins semblables pour l'ensemble des autres continents;

Voir : <http://bioval.jrc.ec.europa.eu/products/glc2000/products.php>

f) Le dispositif européen de suivi du couvert végétal par télédétection et terrain permanent (EBONE - European Biodiversity Observation Network)

Il existe au niveau européen une initiative 'EBONE' de suivi du couvert végétal par télédétection sur un réseau de 'parcelles' permanentes au sol. Cette initiative en cours de structuration, et impliquant des équipes de recherche françaises, dont le Cemagref d'Aix-en-Provence, serait à examiner de plus près (voir Bunce et al. 2010).

Voir : <http://www.ebone.wur.nl/UK/>

Le Tableau 5 ci-après récapitule les expériences citées pour l'Europe et les principales caractéristiques des cartes. Notons ici aussi le recours à la photo-interprétation et au terrain pour la réalisation de la carte des habitats au 1/50 000 de Catalogne qui est la plus proche de ce que pourrait être une carte en France compte-tenu des objectifs également fixés.

intitulé	échelle de restitution	date de publication	typologie	territoire	superficie	opérateurs	méthode de cartographie	format
<i>Dans les pays voisins de la France</i>								
Carte des végétations naturelles probables du canton de Genève	Résolution 10 m ?	2009 ?	Milieux naturels	Agglomération franco-valdo-genevoise	11 300 ha	Université, C & J Botanique et Grid-Europe Genève	Méthode semi-automatique de traitement d'image + photo-interprétation et validation à « dire d'expert »	Couches SIG d'origine
Carte de la distribution potentielle des milieux naturels de Suisse	?	1998	Phytosociologie, niveau alliance	Suisse	?	Delarze et al.	Analyse de la présence d'un cortège floristique caractéristique de chaque type d'habitat retenu	Imprimée ?
Carte des habitats de Catalogne	1/50 000	2004	Phytosociologie, affinée de Corine Biotopes	Territoire de Catalogne espagnole	3,2 Mha	Groupe de Géobotanique de l'Université de Barcelone	Segmentation manuelle et contact visuel de terrain avec chaque polygone	Couches SIG d'origine
Cartographie des habitats d'Espagne de l'annexe 1 de la directive 92/43/CEE	1/50 000	1993	Natura 2000 et Phytosociologie	Espagne	50 Mha	Pr. Rivas-Martinez et al. / Etat espagnol	Photo-interprétation et relevés de terrain	Couches SIG d'origine
Carte des habitats d'Espagne	1/50 000	2004-2005	Phytosociologie	Espagne	50 Mha	Pr. Rivas-Martinez et al. / Etat espagnol	Télédétection et terrain d'appoint	Couches SIG d'origine
<i>Couvertures européennes</i>								
Modélisation pan-européenne de la distribution des habitats de la directive	Résolution 1 km ?	2009	Natura 2000	Europe	env. 1000 Mha	Mücher et al.	implémentation de modèles à partir de connaissances expertes et données environnementales (floristiques, CORINE Land Cover)	Couches SIG d'origine
Carte de l'occupation du sol CORINE Land Cover (CLC)	1/100 000	1990, 2000 et 2006	occupation biophysique des sols (44 postes)	Europe (38 pays en 2006)	env. 1000 Mha	Agence européenne de l'environnement + SOES	variable suivant pays ; pour la France : photo-interprétation manuelle et utilisation de données complémentaires	Couches SIG d'origine

Carte de la végétation naturelle de la communauté européenne	1/3 000 000	1987	Climax et pseudo-climax	ex Communauté Européenne	env. 1000 Mha	PNUE-Grid Genève	?	Couches SIG d'origine
Carte des végétations naturelles d'Europe	1/2 500 000	1994	Formations végétales	Europe	env. 1000 Mha	Chercheurs internationaux	Synthèse synoptique de connaissances existantes	Imprimé
Carte de la Végétation d'Europe de 2000	Résolution 1 km	2000	Land Cover Classification Scheme	Europe	env. 1000 Mha	Joint Research Center	Croisements et analyses SIG de CLC et Spot-VEGETATION	Couches SIG d'origine
EBONE	Echantillonnage aléatoire sur carroyage d'1 km de résolution	en cours		Europe	env. 1000 Mha	EBONE	Téledétection	Couches SIG d'origine

Tableau 5 – Principales caractéristiques des expériences de cartes de végétations et d'occupation du sol portant sur de grandes superficies en Europe.

Source : CBN et FCBN – Compilation : D. Salmon et J. Olivier (FCBN)

2.2.3. Ailleurs dans le monde

De nombreux programmes et réalisations de cartographies de végétations existent bien sûr ailleurs dans le monde, même si l'approche phytosociologique fine reste à notre connaissance une pratique surtout européenne et méditerranéenne.

La « Liste des Cartes de Végétations et de Distribution de Plantes disponibles sur Internet » (the Checklist of Online Vegetation and Plant Distribution Maps), représente ainsi un portail d'entrée intéressant et assez complet vers de nombreux documents.

Voir : <http://www.lib.berkeley.edu/EART/vegmaps.html>

Les cartes les plus fines concernent souvent des régions aux climats tempérés ou contrastés. Les végétations des régions tropicales humides sont en effet souvent moins bien connues et plus difficiles à cartographier finement (du fait notamment de la très grande diversité taxonomique et de l'extrême diversité qui en découle dans les assemblages entre espèces, mais aussi des difficultés du terrain). Cependant, plusieurs programmes existent aussi, s'attachant à cartographier dans un premier temps au moins des « grands types de végétations », avant leur caractérisation plus précise.

Nota : Concernant les territoires français Outre-Mer

Des territoires situés ailleurs sur la planète, et tout particulièrement en régions tropicales humides, relevant de la responsabilité de la France, il nous a paru important de présenter un focus particulier sur les expériences de cartographies de végétations et habitats existantes pour les quatre régions d'Outre-Mer françaises, qui sont au demeurant couvertes (au moins partiellement) par Corine Land Cover.

a) Réunion

Dans le cadre de l'Observatoire de la flore et des habitats, le CBN Mascarin (CBNM), basé sur l'île de la Réunion dans l'Océan Indien, travaille sur la typologie des habitats de son territoire d'agrément.

L'équipe du CBNM a ainsi défini une méthode d'inventaire des habitats en parallèle de son projet d'Atlas de la flore (AFLORUN).

Ce projet « habitats » vise à : i) une couverture totale de l'île de la Réunion ; ii) l'homogénéité de l'information floristique par unité de maille (U.T.M.) de 1 x 1 km (2641 mailles sur l'ensemble de l'île), et par commune ; iii) la prise en compte de l'ensemble des trachéophytes (plantes vasculaires).

La rédaction de Cahiers d'Habitats vise ainsi à fournir, aux gestionnaires des milieux naturels et aux décideurs, un manuel de description (états de références) et de caractérisation des habitats de l'île de la Réunion.

Ils constituent un outil à la fois complémentaire et d'affinement de la « Typologie des Habitats de la Réunion » (UR) et la poursuite de l'œuvre entreprise par Thérésien Cadet sur la description de la végétation.

Ils permettent d'orienter efficacement les stratégies de conservation en matière d'habitats, en particulier pour la lutte contre les invasions biologiques et la restauration des habitats.

Voir :

http://www.cbnm.org/index.php?option=com_content&task=view&id=39&limitstart=3&Itemid=31

b) Guyane

Depuis plusieurs années, l'ONF Guyane en partenariat avec plusieurs partenaires (ONCFS...) et équipes de recherches, dont celle de l'Herbier de Cayenne (IRD – UMR AMAP Montpellier), a entrepris un important travail en cours de redéfinition d'une typologie des grands types de végétations de l'intérieur de la Guyane, fondée sur une approche en trois étapes : i) identification et délimitation d'unités géomorphologiques, ii) description d'unités pédologiques au sein de ces premiers ensembles, iii) relation aux groupements floristiques observés. Ce travail sert de fondement à la définition du REDOM Guyane (le 'réseau écologique', équivalent dans les DOM à la fois de la Stratégie des Aires Protégées et de la définition d'une Trame Verte & Bleue).

En parallèle, le laboratoire Ecolab de Toulouse étudie depuis de nombreuses années les végétations littorales et en particulier les mangroves pour lesquelles des cartographies à partir d'images satellites SPOT et d'importantes reconnaissances de terrain ont fait leurs preuves. Plusieurs programmes actuels (dont INFOLITTORAL 1) visent à la connaissance toujours accrue de ces milieux très dynamiques, notamment par leur cartographie. Ce travail pourrait donc s'intégrer directement, avec celui initié par l'ONF Guyane, dans un programme coordonné de cartographie de l'ensemble des végétations naturelles et semi-naturelles de Guyane, avec un focus possible sur les zones humides littorales.

c) Guadeloupe

Une Carte Écologique de l'archipel guadeloupéen (hors St-Martin & St-Barthélemy) a été définie en 1996 par Alain Rousteau de l'Université des Antilles et de la Guyane (Laboratoire de biologie et de physiologie végétale - UFR SEN, Pointe-à-Pitre).

Cette carte a été numérisée (elle présente les étages bioclimatiques, stades dynamiques, faciès de dégradation...) et elle est en cours de mise à jour par le Conservatoire botanique des Antilles françaises en Guadeloupe (CBAF - Guadeloupe). Voir : <http://cbaf-gwad.pagesperso-orange.fr/html/cad.htm>

L'IFN (Bordeaux) a également réalisé assez récemment une carte du couvert végétal de la Guadeloupe.

d) Martinique

Il existe également une Carte Écologique de la Martinique au 1/75 000 (publication PORTECOP 1978) relevant « d'une synthèse harmonieuse des approches phytogéographique et phytosociologique des paysages végétaux » réalisée par « l'Ecole de Grenoble » dirigée par P. Ozenda (Rey 2009). Nous ne savons pas si cette carte par exemple serait actuellement en cours ou en projet de réactualisation.

- En outre, l'antenne Martinique du CBAF a participé activement à la définition des ZNIEFF. Voir : <http://www.cbaf-martinique.com/home.php>

- Du côté de la DIREN Martinique des ressources sont disponibles en ligne avec une série de cartes sur les enjeux, les espaces remarquables et protégés : http://www.martinique.ecologie.gouv.fr/espace_proteges.html

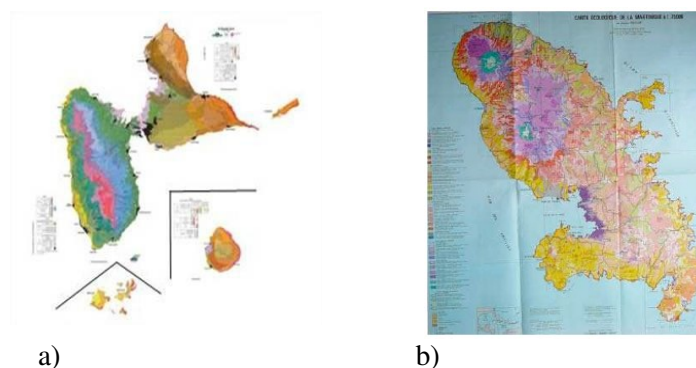


Figure 18 – Cartes Écologiques a) de l'archipel guadeloupéen et b) de Martinique

Sources : CBAF - Guadeloupe et Rey 2009

L'identification et le catalogage de l'ensemble des cartes mentionnées ci-dessus et de celles qui restent à identifier et rassembler, de façon exhaustive pour la France, et à titre indicatif et informatif au moins pour le reste de l'Europe et de la planète, représente un important travail. Il a pu être amorcé dans le cadre de la présente convention et nécessitera d'être poursuivi, approfondi et généralisé dans les années qui viennent en accord avec la méthodologie proposée en partie C du présent document. En effet, un tel travail de recensement complet et de catalogage suivant des standards internationaux de référencement aurait notamment une dimension historique de conservation et permettrait de mieux prendre en compte les données anciennes dans de futurs travaux sur les changements du couvert végétal par exemple. Ce catalogue représenterait aussi une source centralisée et plus homogène de données spatialisées pour la remobilisation de l'existant (voir méthode proposée) et/ou la réalisation des tests complémentaires à venir sur les apports possibles de la télédétection. Il représenterait enfin une occasion pour l'État français de rassembler, de façon diffusable si besoin, des données financées pour la plupart sur fonds publics et jusque-là dispersées.

À l'échelle européenne et internationale, il pourrait être une contribution de la France à l'alimentation d'un catalogue international des sources de données cartographiques et d'inventaires de la végétation. On pourrait ainsi envisager par exemple d'alimenter le catalogue des relevés de végétation dans le monde (organisé autour du groupe de travail international sur les bases de données sur la végétation, animé par l'université de Hambourg en Allemagne) et d'y ajouter les sources de données cartographiques, et/ou de contribuer à la structuration standardisée du référencement des cartes disponibles sur Internet déjà existant.

2.3. Répertoire d'autres sources de données pouvant être utiles à la cartographie des végétations en France

Cette partie, qui a nécessité un important travail d'identification et de recouplement des sources de données, à notre connaissance à ce jour non encore centralisées dans un seul catalogue national, doit encore être développée. Plusieurs sources de données importantes sont cependant déjà bien identifiées.

2.3.1. Les caractéristiques géo-morpho-physico-chimiques de l'environnement

Il existe sur le territoire national un ensemble de données permettant de décrire l'environnement physique (géologie, topographie, pédologie, climat).

Le tableau 5 ci-après présente les principales sources de données pouvant être utiles à la cartographie des végétations, ainsi que leurs caractéristiques. Notons que les échelles et niveau de précision sont variables et que certaines données ne sont actuellement pas disponibles sur l'ensemble de la France.

Pour certains thèmes comme le climat ou la pédologie nous avons identifié des ressources de type « catalogue » ou « modèle ». Pour d'autres thèmes, comme la géologie ou la topographie, les données sont disponibles au format SIG.

La plupart de ces données relatives au milieu physique demanderont un travail de préparation (agrégation de dalles MNT, calcul de plan dérivés, etc.) avant de pouvoir être intégrés dans les analyses au service de la cartographie des végétations.

D'autres données pourraient être mises à profit, par exemple des modèles numériques d'élévation (obtenus par stéréoscopie notamment) ou des relevés Lidar. Sur ce dernier point, il conviendrait de réaliser un recensement des couvertures existantes mais surtout des données directement exploitables (déjà traitées), en particulier parmi les programmes de l'IGN.

thème	intitulé	échelle / précision	description	date de publication	type de ressource	étendue spatiale	opérateurs	méthode
géologie	Carte géologique de France	1/1 000 000	contour des formations géologiques				BRGM	
	Carte géologique de France	1/250 000				France métropolitaine		
	Carte géologique de France - Formations géologiques	1/50 000	trois couches principales: formations géologiques, contours, éléments structuraux		couche SIG vecteur	France métropolitaine (incomplète)		
topographie – MNT	Bd Topo – thème Alti	25 m	modèles numérique de terrain et isohypses	1998	dalles raster livrées sous divers formats (BIL, DIS, Grid d'ArcInfo, XYZ)	France métropolitaine	IGN	
	Bd Alti	50 m						
		75 m						
		100 m						
		250 m						
500 m								
1000 m								
ASTER GDEM	30 m (20 m en vertical)	modèle numérique de terrain	2009	dalles raster	monde de 83° de latitude Nord à 83° de latitude Sud	NASA et Japon	compilation automatique de quelque 1,3 million de couples stéréoscopiques ASTER	
SRTM3	~90 m (3 secondes)	modèle numérique de terrain	2003	dalles raster	monde de 56° de latitude Sud à 60° de latitude Nord (80% des terres émergées)	NASA et NIGA	mission de 11 jours en février 2000 par la navette spatiale Endeavour (STS-99) à une altitude de 233 km en utilisant l'interférométrie radar	
pédologie	REFERSOL	3 grands programmes : - Secteurs de Référence (SR) : cartographies détaillées de secteurs représentatifs d'une petite région naturelle (conseil agronomique ou environnemental) - Connaissance Pédologique de la France (CPF) : informatisation de données anciennement acquises à des échelles moyennes de type 1 : 50 000 à 1 : 100 000 et travaux méthodologiques portant sur la généralisation spatiale de lois de distribution des sols - Référentiel Régional Pédologique (RRP) : achèvement et harmonisation de la couverture cartographique nationale à l'échelle du 1 : 250 000 > programme prioritaire			catalogue	répertoire national des études cartographiques de sol recensées par l'INRA dans sa base de données DONESOL	variés	
	DONESOL				base de données	base de données des profils pédo. et informations spatiales des Unités Cartographiques et des Unités Typologiques de Sol de France	variés	programme d'inventaire multi-échelle – IGCS
	INDIQUASOL				base de données	Base de Données Indicateurs de la Qualité des Sols	variés	
	données IFN			données relatives à 122 000 fosses pédologiques en milieu forestier		base de données		IFN
climat	données de climatologie			fréquences variables				
	modèle AURHELY (Analyse Utilisant le Relief pour l'Hydrométéorologie)				méthode de modélisation	(selon MNT utilisé)	Météo France	modélisation de données climatiques à partir de données observées et d'indicateurs de topographie (méthode d'interpolation)

Tableau 6 : inventaire non exhaustif de données et ressources relatives aux caractéristiques géo-morpho-physico-chimiques de l'environnement

Source : FCBN – Compilation : M. Decherf (FCBN)

2.3.2. Les données relatives à l'utilisation des terres

2.3.2.1. La modélisation de l'occupation du sol en France fondée sur le réseau d'observation Terruti-LUCAS

Le programme Terruti-LUCAS (Ministère en charge de l'Agriculture), a pour objectif de fournir des indicateurs annuels d'occupation du sol à l'échelle nationale et européenne. Le dispositif met en œuvre un échantillonnage de points observés directement sur le terrain de façon répétée dans le temps selon un protocole très précis (incluant des photographies prises au sol). La photo-interprétation d'images aériennes peut être utilisée comme alternative pour des zones très inaccessibles.

L'estimation des surfaces ainsi obtenue est considérée comme plus fiable que celle fournie par photo-interprétation aérienne ou satellitale uniquement (CORINE Land Cover par exemple). Les données Terruti-LUCAS sont disponibles pour l'ensemble du territoire national y compris les DOM, à l'exception de la Guyane pour laquelle seule une partie du territoire est renseignée (partie côtière essentiellement).

Les informations relevées sont de différents types : occupation ou couvert (utilisation physique) et usage ou utilisation (utilisation fonctionnelle), informations sur l'environnement : présence d'arbres isolés (de un à trois arbres), coupe ou plantation en forêt (coupe rase, coupe partielle ou plantation), semis des prairies temporaires, etc. La nomenclature utilisée est peu à peu harmonisée avec les nomenclatures spécifiques existantes (IFN et FAO pour la forêt, Eurostat pour l'agriculture, etc.). La nomenclature est composée de 4 niveaux et 122 postes pour l'occupation et de 2 niveaux et 38 postes pour l'usage. Voir : <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/territoire-prix-des-terres/teruti-lucas-utilisation-du/>

2.3.2.2. Le registre parcellaire graphique

Le registre parcellaire graphique correspond à un ensemble de données lié au système de déclaration graphique pour l'obtention des aides dans le cadre de la Politique Agricole Commune (PAC).

La donnée est produite annuellement par les agriculteurs qui déclarent leurs îlots cultureux (ensembles contigus de parcelles culturelles exploitées par un même agriculteur). Les agriculteurs tracent ou mettent à jour le contour de leurs îlots sur une orthophotographie au 1/5 000 (Bd Ortho de l'IGN) et déclarent les cultures ou pratiques pastorales ou autres qui y sont pratiquées ainsi que les surfaces correspondantes. L'unité cartographiée correspond à un ensemble d'îlots. Le RPG décrit environ 6 millions d'îlots, pour plus de 27 millions d'hectares, soit une surface moyenne des îlots de l'ordre de 4,5 ha.

Même s'il ne s'agit pas d'une information détaillée à la parcelle, cette information est donc d'une échelle très proche de celles que nous considérons ici.

Les données (identification des îlots, description de leur occupation culturelle, données relatives aux exploitations et aux exploitants) sont consolidées et gérées par l'Agence de Service et de Paiement (ASP, ex-AUP) qui peut mettre à disposition les données anonymisées sous convention. Le Cemagref – MTD de Montpellier dispose par exemple déjà de ces données pour les premières années du RPG.

Au 1^{er} septembre 2009, les données disponibles étaient celles des années des campagnes 2006, 2007 et 2008. De façon générale, les données d'une campagne sont disponibles dans le 2^e trimestre de l'année qui suit.

Les données sont disponibles, par département, pour les 94 départements de la France métropolitaine (hors 75 et 92) et les 4 départements d'outre mer, quelque soit l'année de campagne. Le RPG concerne toutes les terres des exploitations percevant des aides, il ne constitue donc pas une couverture totalement exhaustive des terres agricoles

Une méthode de traitement des données permettant de générer des couches SIG des cultures majoritaires par îlot a été mise en place par le Cemagref de Montpellier (Maison de la Télédétection - UMR TETIS) en 2009.

<http://www.asp-public.fr/?q=pages-satellites/mise-%C3%A0-disposition-du-registre-parcellaire-graphique-anonyme>

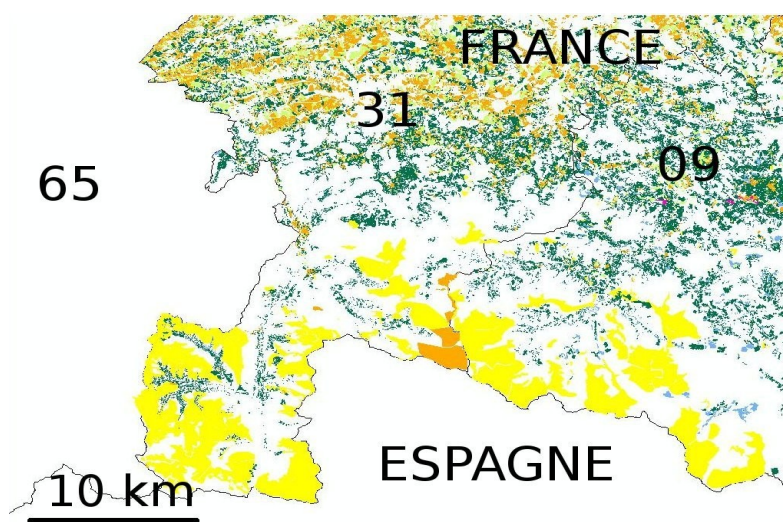


Figure 19 – Extrait du RPG 2006 pour les parties sud et moyennes des départements de la Haute-Garonne (31) et de l'Ariège (09) en France

(En bleu sombre : prairies naturelles; en verts : prairies 'temporaires' de +, ou -, 5 ans; en orange : friches et landes; en jaune : estives; N.B.: les parties laissées ici en blanc pour ces deux départements sont surtout du couvert forestier)

Source : Roberto Meloni – Cemagref - MTD - Montpellier (Juillet 2010)

2.3.2.3. Le recensement général agricole

Le ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche réalise tous les dix ans un recensement agricole sur l'ensemble du territoire. Le précédent date de 2000 et le Ministère doit finaliser le prochain ('2010') – au premier semestre 2011 pour l'ensemble du territoire de la métropole, des départements d'Outre-mer et des deux collectivités d'Outre-mer de Saint-Barthélemy et Saint-Martin.

Ce nouveau recensement organisé par les services statistiques du Ministère de l'Agriculture se déroule depuis septembre 2009 et jusqu'à avril 2011 (identification des unités et collecte des données).

Il permet d'avoir une photographie précise et actualisée de l'agriculture à un moment donné et de mieux connaître et mesurer ses évolutions. Les données collectées concernent tous les aspects de l'activité agricole : profils des agriculteurs, cultures et superficies, cheptel, diversification (transformation, énergies, etc.) mais aussi pratiques (ex. certification 'Bio', formation liée aux fertilisants, etc.).

La nomenclature distingue notamment, outre les cultures « industrielles », les types de culture suivants : prairies artificielles, prairies temporaires, prairies permanentes, superficie toujours en herbe peu productive, jachères, vergers, les friches, les landes non productives, les taillis, les bois et forêts, les peupleraies, etc. Les dernières classes citées ne sont bien sûr décrites que sur les terres rattachées à une exploitation.

Ces données pourront ainsi être complémentaires du RPG, là où les surfaces ne sont pas déclarées dans le RPG.

Le recensement du Ministère de l'agriculture concerne toutes les exploitations agricoles, y compris les plus petites, mais reste couvert par le secret statistique. Près de 500 000 exploitations agricoles seront ainsi enquêtées pour le recensement '2010'.

Les premiers résultats de synthèse seront disponibles à partir du deuxième semestre 2011. Ils seront constitués de données de cadrage, puis de données plus détaillées, classées par thématique. Pour le grand public, ces résultats seront disponibles à l'échelle de la commune, du canton, du département et de la région. Les résultats seront accessibles gratuitement sur internet : www.agriculture.gouv.fr/recensement-agricole-2010 ou www.agreste.agriculture.gouv.fr.

2.3.2.4. La carte des unités paysagères issues des Atlas de paysage

Cette cartographie décrit les unités paysagères françaises issues des Atlas de paysage départementaux et régionaux publiés. La notion de paysage correspond ici à la définition donnée par la Convention européenne du paysage : « partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations ». Les zonages produits sont donc le fruit d'une approche « sensible », correspondant à une lecture sociale et culturelle du paysage.

Ce travail de synthèse à l'échelle nationale a été réalisé par le laboratoire LADYSS – CNRS, UMR 7533 à Paris, par agglomération de fichiers de sources diverses (DIREN, CREN, etc.) et par numérisation de certaines cartes non numériques.

Ce référentiel se présentant sous forme d'une couche SIG a été validé en 2009 et représente des objets surfaciques (format vecteur) délimitant les unités paysagères au 1/100 000 (échelle maximum recommandée). Certains polygones se chevauchent au niveau de zones de transition (superposition d'unités issues d'Atlas départementaux et d'Atlas régional par exemple).

Voir : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Atlas-de-paysage.html>

Ces données ne représentent pas une source d'information sur la végétation mais peuvent éventuellement servir de données structurantes pour stratifier l'analyse sur le territoire, en particulier là où les activités humaines impactent fortement la végétation.

Voir d'ailleurs aussi à ce sujet (ci-après) le nombre importants d'autres délimitations et zonages du territoire à différentes échelles pour diverses considérations environnementales.

2.3.3. Les grandes régions paysagères et/ou naturelles du territoire à cartographier

Les divers zonages du territoire ne constituent pas une source d'information directe sur la nature du couvert végétal mais peuvent directement servir pour structurer le traitement et l'analyse des données ainsi que pour préparer un fond cartographique, stratifier le travail de terrain, et organiser la restitution cartographique de la végétation. Dans certains cas, ils peuvent en outre servir de thème de croisement de l'information (relation végétation/paysages par exemple) ou pourront être alimentés en retour par une analyse croisée avec la Carte de France des végétations.

Sont listés ici les référentiels qui nous ont paru digne d'intérêt pour le présent projet : i) pour le cadre conceptuel qu'elles proposent, et/ou ii) pour leur caractère directement intégrable et opérationnel, en particulier lorsqu'ils présentent une cohérence forte pour l'ensemble du territoire. En ce qui concerne les régions agricoles ou régions naturelles notamment, d'autres classifications existent, mais ne seront pas mentionnées (car soit trop hétérogènes, soit trop partielles).

2.3.3.1. Les régions naturelles en France (approche biogéographique)

Il existe en géographie la notion de « région naturelle », ou encore « pays traditionnel » correspondant à une région d'étendue souvent limitée (quelques dizaines à centaines de kilomètres carrés) ayant des caractères physiques homogènes (géomorphologie, géologie, climat, sols, ressources en eau, végétation, etc.) associés à une occupation humaine également homogène (perception et gestion de terroirs spécifiques, notamment agricole, développant des paysages et une identité culturelle propres). Ces pays ont été à la fois reconnus et inventés par les géographes (en particulier par l'école Vidal de la Blache) et par les érudits locaux (sociétés savantes locales, associations des amis d'un pays, etc.) et par les anciennes populations rurales, notamment depuis le XVI^e siècle. Ils peuvent également prendre racine dans la longue histoire d'un fief féodal. Aujourd'hui, cette définition est reconsidérée au regard notamment de la géomorphologie et de l'usage des terres.

Pour la France, des régions naturelles, correspondant à un zonage intégrateur de diverses composantes du territoire (milieu physique, utilisation par l'homme, etc.) ont été listées (Fénié, 2000) mais ne sont pas nécessairement délimitées. Par ailleurs, les différentes régions sont susceptibles de se chevaucher. Elles sont donc imprécises du point de vue des contours géographiques et ne constituent pas une référence nationale homogène; elles peuvent cependant avoir leur pertinence pour cerner certains territoires présentant une grande unité biogéographique (par exemple : la Gascogne gersoise).

N.B.: Cette notion de 'Région naturelle' est à différencier de la limite administrative des 'Pays' (LOADDT ou loi 'Voynet' du 25 juin 1999), territoires de projets pour l'aménagement du territoire, qui tout en reprenant parfois un nom identique, sont de nature différente et ne reprennent pas exactement les mêmes limites.

Pour plus d'information voir source :

http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gion_naturelle_de_France

2.3.3.2. Les régions agricoles et petites régions agricoles

Les régions agricoles et petites régions agricoles ont été définies en 1946 pour répondre à la Commission Générale du Plan et mettre en évidence des territoires agricoles homogènes. La Région Agricole (RA) couvre un nombre entier de communes formant une zone d'agriculture homogène. La Petite Région Agricole (PRA) est constituée par le croisement du département et de la RA. Il existe 411 RA et 713 PRA.

Ces données, qui se présentent sous forme de tables, sont gérées par l'INSEE et doivent être associées à la couche SIG des limites communales françaises (Bd Carto IGN) via le code INSEE de la commune afin d'être cartographiées.

Ce zonage est ancien et n'a pas été mis à jour en fonction des mutations technologiques et économiques. Il peut éventuellement servir à décomposer le territoire en unités « homogènes » du point de vue de l'utilisation agricole passée des terres.

2.3.3.3. Les zonages des régions forestières de l'IFN

Dès leur premier cycle d'inventaires, les cinq unités interrégionales de l'Inventaire Forestier National ont défini des régions forestières, dans le souci d'identifier des zones homogènes du point de vue des types de forêts ou de paysages et dans le but de présenter les statistiques forestières de façon cohérente avec les territoires concernés.

- Les Petites régions forestières

Sur le modèle des petites régions agricoles, 309 régions forestières nationales ont ainsi été définies indépendamment des limites administratives. Les critères pris en compte correspondent à des critères physiques (géologie, climat, relief, formations végétales), agronomiques et sylvicoles (types de paysage rural, nature de la ressource en bois) et économiques (types d'utilisation de la matière ligneuse).

Cette délimitation a été conservée au cours des inventaires successifs, hors corrections de détail. Lorsqu'une région forestière nationale est à cheval sur plusieurs départements, chacune de ses parties constitue une région forestière départementale. Ces dernières sont au nombre de 680. Inversement, les 309 régions ont été regroupées dans une approche plus globale selon leur dominante biogéographique en trois grandes zones phytogéographiques : régions forestières de plaines et collines, régions forestières de montagne, régions forestières méditerranéennes.

Ces zonages géoréférencés, à une échelle de 1/250 000, sont téléchargeables gratuitement sur le site de l'IFN.

Voir : http://www.ifn.fr/spip/article_special.php3?id_article=134

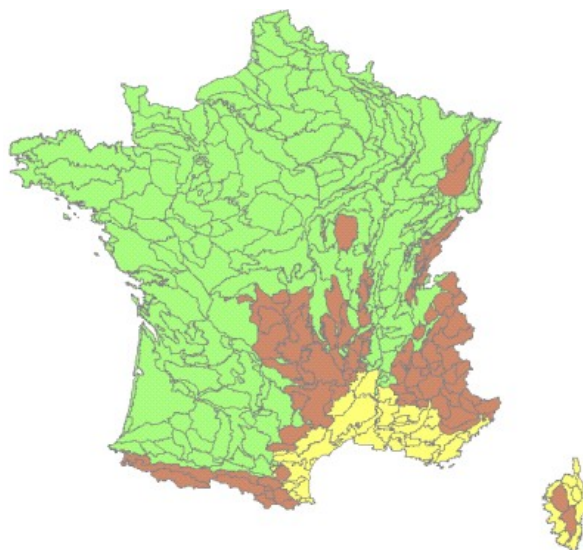


Figure 20 – Cartes des 309 Petites régions forestières de l'IFN (traits fins) réparties en 3 zones phytogéographiques (vert : plaines et collines, marron : montagne, jaune : méditerranéenne).

(Source : IFN)

Ces dernières années les limites des Petites régions forestières ont toutes été soumises au regard d'experts locaux (dont les CBN) pour en préciser la pertinence et en modifier éventuellement les limites. On peut considérer que ce zonage du territoire est aujourd'hui un des plus fin en adéquation avec la connaissance que l'on a des végétations.

- Les Sylvoécorégions (SER)

La nouvelle échelle de gestion forestière (région administrative) ainsi que le nouvel inventaire systématique ont amené l'IFN à définir un nouveau découpage selon des entités plus larges que les 309 régions forestières. Il s'agit du zonage en SER-SylvoEcoRégions (Forêt, 2006).

Une sylvoécorégion correspond à la plus vaste zone géographique à l'intérieur de laquelle les facteurs déterminant la production forestière ou la répartition des habitats forestiers varient de façon homogène entre des valeurs précises, selon une combinaison originale, différente de celle des SER adjacentes.

Depuis juin 2009, le découpage du territoire métropolitain en sylvoécorégions est achevé à l'échelle du 1/1 000 000. On compte 91 SER (86 + 5 correspondant aux vallées alluviales des grands fleuves français). Elles sont issues dans la majorité des cas de la fusion de plusieurs régions forestières présentées plus haut, mais ces dernières ont parfois été fractionnées. Le travail aboutit à la précision des limites dans la base de données à une échelle beaucoup plus fine (de l'ordre du 1/25 000) et par la description et la caractérisation précises de chacune de ces sylvoécorégions (SER).

Voir : <http://www.ifn.fr/spip/?article686>



Figure 21 – Cartes des 91 sylvoécoringions (SER) de l'IFN au 1/1 000 000e

(Source : IFN)

Ce zonage en SER constitue une référence nationale pour les documents cadre de la gestion forestière et de support à la publication des données statistiques de l'IFN, mais également de cadre bioclimatique et écologique (suivi de l'impact du changement climatique, délimitation des territoires pour la réalisation de guides pour le choix des essences, etc).

Fondées sur les 309 régions forestières, ces 91 sylvoécoringions présentent une pertinence phytogéographique appréciable.

Consultables et téléchargeables sur : <http://cartoser.ifn.fr/carto/afficherCarto>

- Les Grandes Régions Écologiques (GRECO)

En relation avec les 86 SylvoEcoRégions (SER), l'IFN a déterminé avec les groupes d'experts mobilisés de vastes zones d'étude, ou grandes régions écologiques (GRECO), liées au découpage macroclimatique, géologique et topographique de la France.

11 GRECO (dans les quelles les 86 SER s'inscrivent) ont ainsi été définies pour la France, pouvant correspondre à un découpage écologique du territoire métropolitain au niveau européen.

Consultables et téléchargeables sur : <http://cartoser.ifn.fr/carto/afficherCarto>

2.3.3.4. Les zonages écologiques de Dupias et Rey (1980)

- Les PhytoEcoRégions (PER)

Les cartes phyto-écologiques permettent de décrire des zones écologiques ayant une cohérence en termes de types de végétation dominante.

La Carte des régions phyto-écologiques (ou PhytoEcoRegions) de la France a été produite en 1980 par G. Dupias et P. Rey du « Service de la cartes de la végétation de la France » à Toulouse, dépendant du CNRS. Ce travail est le fruit d'une réflexion menée dans le cadre du thème « Indicateurs biologiques » du Comité Faune et Flore du Ministère chargé de l'Environnement de l'époque. Il a été réalisé manuellement par assemblages de calques et méthodes de réductions homothétiques sur la base directe de la Carte de la végétation de la France du CNRS au 1/200 000 (Ph. Le Caro, com. pers. 2010).

Le zonage final à 4 niveaux hiérarchiques est en outre issu des connaissances historiques, biologiques, géologiques ou d'occupation et d'utilisation du sol alors disponibles. Elle vise donc un découpage bio-géographique et écologique fin du territoire métropolitain.

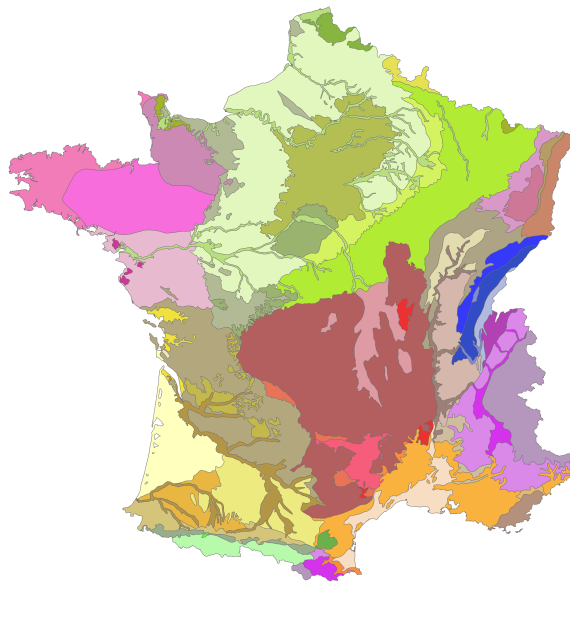


Figure 22 – Cartes des 57 PhytoEcoRégions de niveau II de Dupias et Rey (1980)

(Source : S. Cavaignac c/o S. Wurpillot-Lucas – IFN)

La carte papier a récemment fait l'objet d'une numérisation et vectorisation par l'Institut français de l'environnement (IFEN, aujourd'hui SOeS), en s'appuyant parfois sur les limites territoriales administratives (au 1/1 000 000) et en tenant compte du réseau hydrographique (calage sur les confluences).

La carte résultante, comporte 4 niveaux imbriqués, le niveau 1, étant le niveau le plus global (avec 14 PhytoEcoRegions) et le niveau 4 le niveau le plus détaillé avec environ 950 zones (polygones).

La carte issue du travail de numérisation comportant des erreurs de codification, des zones non décrites et des tracés approximatifs dans le rendu numérique, le service statistique (SOeS) du ministère en charge de l'Écologie a envisagé un travail de révision de la carte, reprise du travail déjà réalisé en interne pour construire une base géographique des régions phyto-écologiques.

Cette révision consisterait en la mise en place d'une codification plus avancée ainsi qu'en la hiérarchisation et la structuration de la base de données. Il s'agirait également de compléter la base (description des régions phyto-écologiques, nouveaux attributs) et de la corriger (attributs, géométrie) pour la rendre cohérente avec des bases de référence géographiques (ex. : Corine Land Cover, réseau hydrographique BD Carthage, régions forestières de l'Inventaire forestier national, etc.). Ce travail qui devait débuter mi-2009, devait être achevé 6 mois après.

Nous n'avons pas eu davantage d'information à ce sujet lors de notre visite au SoeS en avril 2010.

Cette volonté de délimitation réactualisée serait à mettre en relation avec le travail de publication des Sylvo-Eco-Régions par l'IFN (voir plus haut) et la présente proposition méthodologique pour une nouvelle Carte de France des végétations. Rappelons en effet ici que l'IFN s'est notamment appuyé sur les Phyto-Eco-Régions de Dupias et Rey et sur l'expertise phytosociologique et botanique locale (CBN, universitaires...) pour la définition des Sylvo-Eco-Régions. Il y a donc là une convergence intégrative d'information pertinente concernant la cartographie du couvert végétal

2.3.3.5. Les zonages liés à l'hydrographie

- Les bassins versants élémentaires

Le référentiel actuel en France est la BD CARTHAGE®, réalisée à partir de la couche hydrographie de la BD CARTO® de l'IGN enrichie par le Ministère chargé de l'Environnement et les Agences de l'Eau. Ce référentiel présente i) un découpage du territoire en 6188 zones hydrographiques (bassins versants élémentaires, surface moyenne 8900 ha) regroupées en 1139 sous-secteurs, 187 secteurs, 24 régions et bassins hydrographiques (6 territoires des agences de l'eau), et ii) le réseau hydrographique, découpé en tronçons élémentaires de cours d'eau. La BD CARTHAGE® couvre l'ensemble du territoire métropolitain pour une utilisation de l'échelle départementale (1/50 000) à l'échelle régionale (1/250 000). Des projets sont en cours pour produire la donnée en Outre-mer.

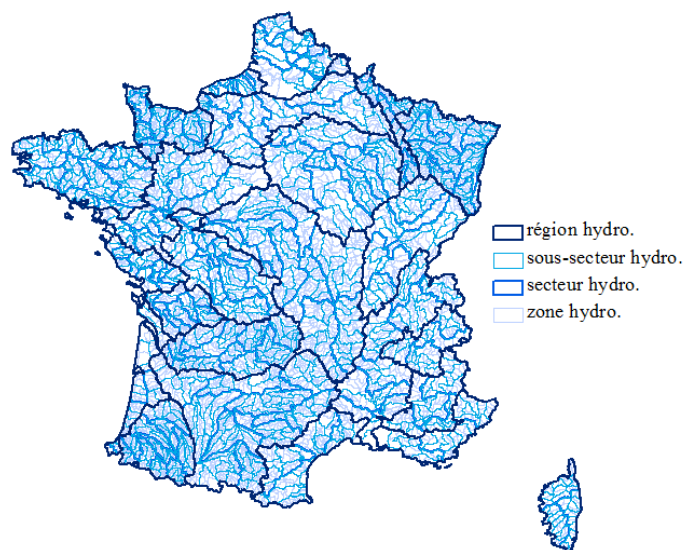


Figure 23 - Carte des 24 régions hydrographiques pour la France métropolitaine

Source : Bd Carthage, www.services.sandre.eaufrance.fr - réalisation M. DECHERF (FCBN)

- Les HydroEcoRégions (HER)

Par ailleurs, la Directive européenne Cadre sur l'eau ou « DCE » (2000/60/CE), qui vise le "bon état écologique" des milieux aquatiques d'ici 2015, impose d'établir une typologie des cours d'eau comme cadre de travail pour les analyses statistiques à large échelle concernant les milieux aquatiques. Il s'agit de regrouper les cours d'eau en unités spatiales cohérentes pour mieux comprendre comment les écosystèmes aquatiques répondent aux perturbations.

Pour répondre à cet objectif de la DCE, le Cemagref de Lyon a défini un cadre conceptuel et une méthode de régionalisation de la France métropolitaine en hydroécorégions (HER). Le Cemagref a ensuite appliqué cette méthode pour définir et caractériser les HER sur l'ensemble du territoire.

Une hydroécorégion (HER) correspond à une entité spatiale homogène du point de vue des déterminants physiques qui contrôlent l'organisation et le fonctionnement global des écosystèmes aquatiques : géologie, relief (altitude, géomorphologie), hydrographie, climat et végétation (Wasson *et al.*, 2002). Ce concept repose particulièrement sur l'emboîtement des échelles physiques, du bassin jusqu'au micro-habitat.

Les données utilisées sont détaillées dans le tableau suivant :

Données	Sources	Propriété
Géologie	Banque de données de la Carte géologique au 1/1 000 000ème (6 ^{ème} édition) BRGM 1996	Mise à disposition par l'IFEN
Relief	Modèle numérique de terrain (MNT) au pas de 250 m dérivé de la BDALTI® de l'IGN	Mise à disposition par l'IFEN
Climat	METEO FRANCE – Carte des moyennes mensuelles des précipitations pour la période 1961 – 1990 Calculées par la méthode AURHELY – maille 5 x 5 km	Mise à disposition par l'IFEN
Climat	METEO FRANCE <ul style="list-style-type: none"> ➤ carte des moyennes mensuelles des températures maximales et minimales pour la période 1961 – 1990 ; maille 1 x 1 km ➤ carte des précipitations sur 24 H sur une période de retour de dix ans maille 1 x 1 km 	Acquisition par le Cemagref
Végétation	Carte des régions phyto-écologiques de Dupias et Rey (1980)	Mise à disposition par l'IFEN
Réseau hydrographique	©BDCARTHAGE V 2.4 de 1997 dérivée de la ®BDCARTO de l'IGN 1992	Mise à disposition par l'IFEN

Tableau 7 - Données utilisées pour la définition et la caractérisation des hydroécorégions de France

Source : Cemagref de Lyon (cf. Wasson *et al.*, 2002)

On distingue deux niveaux de HER. Le niveau 1, qui compte 22 entités (HER-1), est défini par regroupement de la centaine d'entités de niveau 2 (HER-2). Les HER-2 permettent ainsi de préciser la variabilité interne des HER-1. La méthode et les résultats sont décrits sur le site du Cemagref de Lyon à l'adresse suivante : http://www.cemagref.fr/le-cemagref/lorganisation/les-centres/lyon/ur-maly/Hydroecologie_Cours_dEau/projets-nationaux/regionalisation-et-typologie/les-hydroecoregions-de-france-metropolitaine



Figure 24 - Carte des 22 hydro-écocorégions niveau 1 pour la France métropolitaine

Source : Cemagref de Lyon, Laboratoire d'Hydroécologie Quantitative

La carte résultante à l'échelle du 1/100 000 est disponible sous forme de couche SIG sur demande auprès du Cemagref de Lyon.

Les HER correspondent donc à un zonage intégrateur de nombreux paramètres de l'environnement, au même titre que les sylvoécotérritoires (SER) de l'IFN, ou que les phytoécotérritoires (PER) de Dupias et Rey (1980). L'important travail méthodologique sous-jacent ici pourra guider les réflexions à venir (notamment utilisation des données sur le milieu physique) et le zonage en HER pourra, lui, servir éventuellement à stratifier le territoire pour la réalisation de la cartographie des végétations de France, en particulier concernant les végétations de zones humides rivulaires et liées au réseau hydrographique.

- Les grands bassins sédimentaires

La géographie reconnaît en outre les grands bassins sédimentaires liés à la fois à l'histoire des incursions marines continentales et à l'hydrographie, en lien avec les mouvements tectoniques et les fluctuations climatiques. Ces grands bassins peuvent constituer, avec les massifs (voir ci-dessous), un système de « régions biogéographiques » imbriquées, subdivisées notamment par les bassins hydrographiques mentionnés plus haut.

2.3.3.6. Les massifs orogénétiques

- La délimitation des 'territoires de montagne' et des 'massifs'

En France, la loi relative au développement et à la protection de la montagne, dite « loi montagne », du 9 janvier 1985, fonde un cadre d'intervention en reconnaissant les 'massifs' comme des territoires spécifiques. Deux délimitations officielles et administratives des montagnes se superposent ainsi: i) les zones dites 'de montagne' (elles relèvent d'une approche sectorielle dédiée en priorité à l'agriculture au titre de la reconnaissance et de la compensation des handicaps naturels), ii) les 'massifs'.

La notion de massif telle que définie dans la loi française est une approche permettant d'avoir une entité administrative compétente pour mener à bien la politique de la montagne. Cette notion de massif est à différencier de la notion de montagne.

Les massifs englobent, non seulement les zones de montagne, mais aussi les zones qui leur sont immédiatement contiguës : piémonts, voire plaines si ces dernières assurent la continuité du massif. Cet élargissement prend en compte les interactions et les échanges entre les territoires d'altitude et les plaines, ce qui permet de mettre en place des projets d'aménagement de territoire plus pertinents.

Les massifs, au titre de la loi « montagne » sont au nombre de six : Vosges, Jura, Alpes, Massif central, Pyrénées et Corse.

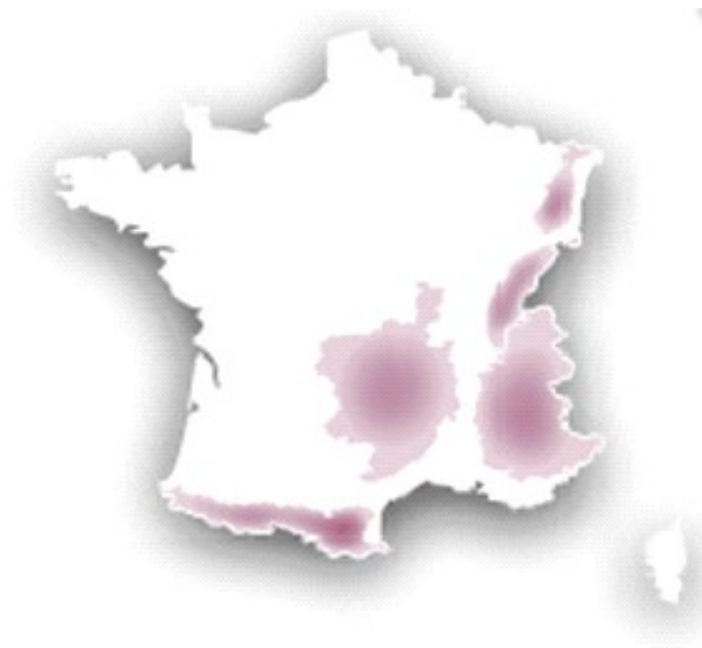


Figure 25 - Carte des six massifs de la loi « montagne », en France métropolitaine (Vosges, Jura, Alpes, Massif central, Pyrénées et Corse)

source : <http://www.observatoire-montagnes.org/>

N.B.: Le Massif Armoricain, de par sa très basse altitude, n'entre pas dans cette liste, bien qu'il représente aussi une unité orogénétique et homogène du territoire.

Il existe par ailleurs trois massifs dans les départements d'Outre-mer : Martinique, Guadeloupe et Réunion.

Les données géographiques disponibles gratuitement sur le site de l'observatoire des territoires correspondent à la délimitation des massifs, et constituent donc une limite administrative (liste des communes associées à chaque massif).

Voir : http://www.territoires.gouv.fr/zonages/p5_glossaire.php#zonage_10

- Les étages de végétation en montagne

En montagne, le gradient altitudinal, l'exposition, l'encaissement, engendrent une stratification forte de la végétation avec la discrimination « d'étages de végétations » caractérisés le plus souvent par une essence forestière dominante, seule ou en mélange, puis par des faciès arbustifs puis de pelouses, en montant en altitude.

Cette stratification naturelle du territoire (dont on retrouve d'ailleurs l'équivalent suivant un gradient latitudinal) peut se révéler particulièrement utile dans les régions de montagne pour structurer la connaissance sur les communautés végétales et/ou stratifier le travail de terrain.

Le concept des « séries », de la Carte de végétation de la France du CNRS au 1 / 200 000, s'appuie, pour partie, sur les étages de végétation en montagne. Il existe en outre d'autres travaux plus spécifiques à chaque massif qui ont cherché à caractériser et préciser ces étages. C'est notamment le cas en Corse.

2.3.3.7. La carte des domaines biogéographiques pan-européens

Il existe enfin une délimitation des grands domaines biogéographiques officiellement utilisées dans le cadre du rapportage de la directive européenne « Habitats » et de la convention de Berne pour la protection de la vie sauvage. La France est concernée par quatre grands domaines biogéographiques (Figure 26) : Alpin, Atlantique, Continental et Méditerranéen.

La donnée se présente sous forme d'une couche vecteur au 1/10 000 000, associée à des tables. Elle est téléchargeable en ligne gratuitement ainsi que le document méthodologique associé à l'adresse suivante : <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/biogeographical-regions-europe-2001>

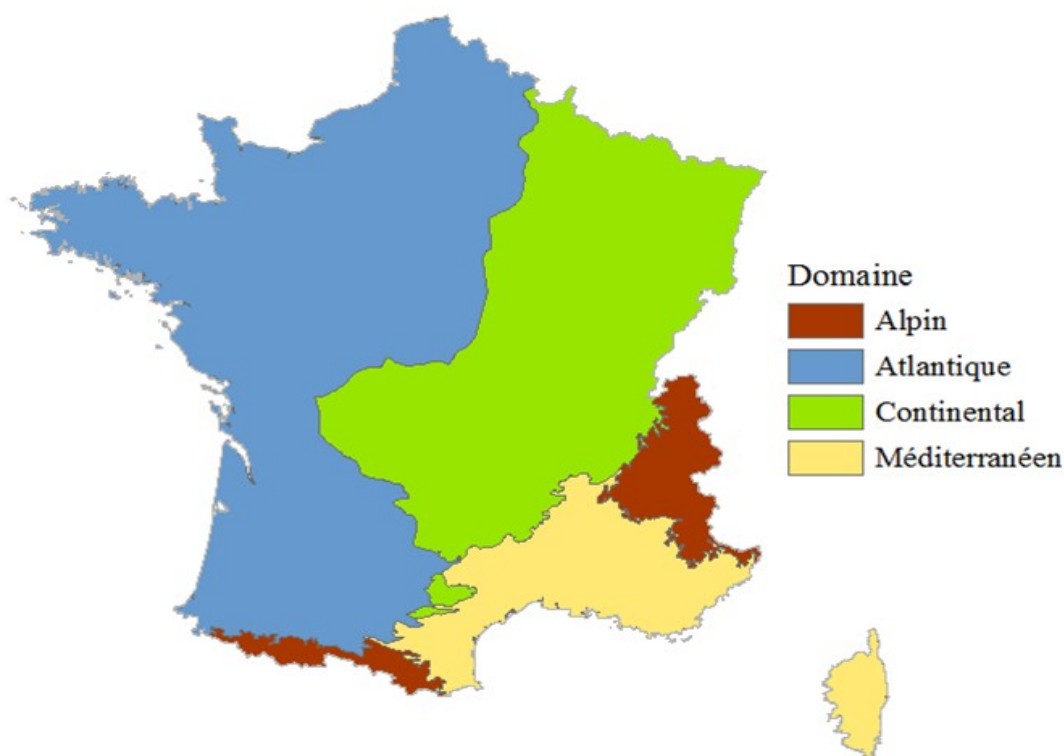


Figure 26 – 4 grands domaines biogéographiques de la convention de Berne (1979) présents en France

(Source : European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity; réalisation M. Decherf - FCBN)

Le tableau 8 (ci-après) récapitule les caractéristiques des données relatives aux grands zonages à composante écologique détaillés précédemment.

Le travail d'identification de sources de données environnementales diverses et de leur présentation organisée et actualisée devra être poursuivi dans le cadre de la proposition méthodologique présentée en partie C du présent document. Elle pourra également se faire en lien direct avec la démarche de constitution et d'actualisation d'une base de métadonnées centralisée sur les ressources relevant de la nature et les paysages au sens large, dans le cadre de l'INPN, du SINP et de l'ONB.

Parmi les ressources cartographiques disponibles, les zonages écologiques, notamment ceux de l'IFN présentent un grand intérêt pour affiner et sectoriser le travail de cartographie des végétations de France. Ils seront utiles notamment pour organiser les adaptations régionales nécessaires aux processus de modélisation ainsi qu'à l'organisation des découpages régionaux lors de la mise en œuvre de la cartographie.

intitulé	échelle / précision	description	date de publication	type de ressource	étendue spatiale	opérateurs	méthode	disponibilité	coût
<i>Utilisation des terres et paysages</i>									
enquête Teruti-LUCAS	échantillonnage aléatoire sur grille de 3 x 3 km	modélisation de l'occupation du sol	depuis 2005, suivant le protocole actuel	modélisation	France entière (DOM inclus sauf une partie de la Guyane)	Agrete – Ministère en charge de l'Agriculture	mesure de surface et description de l'utilisation des terres selon échantillonnage précis et une nomenclature en 57 postes	?	
registre parcellaire graphique (RPG)	1/5 000	délimitation des flots agricoles déclarés par les agriculteurs dans le cadres des aides PAC	annuelle (2e trimestre de l'année n+1)	couches SIG vecteur + tables	94 départements de France métropolitaine (hors 75 et 92) + 4 départements d'outre mer, couverture non exhaustive (exploitations non aidées)	Agence de services et de paiement (ASP)	numérisation (Bd Ortho IGN) et saisie d'attributs par les agriculteurs puis consolidation par l'ASP	envoi sous convention	payant
recensement général agricole	(commune)	recensement des 500 000 exploitations	2e semestre 2011	tables (à joindre à la couche SIG vecteur des communes Bd Carto IGN)	France (DOM + 2 COM inclus)	Ministère en charge de l'agriculture	enquêtes communales	téléchargeable en ligne	gratuit
unités paysagères	1/100 000	synthèse nationale des atlas de paysage départementaux et régionaux (approche sensible)	2009	couche SIG vecteur	France	LADYSS – CNRS, UMR 7533	numérisation de cartes et agrégation de couches SIG	téléchargeable en ligne	gratuit
<i>Grands zonages à composante écologique</i>									
régions naturelles de France	-			liste d'intitulés	France métropolitaine	variés (Fénié, 2000)	identification de territoires		
régions agricoles et petites régions agricoles	(commune)	- Région Agricole (RA) : nombre entier de communes formant une zone d'agriculture homogène. - Petite Région Agricole (PRA) : croisement du département et de la RA	1946	table (à joindre à la couche SIG vecteur des communes Bd Carto IGN)	France (?)	Ministère en charge de l'agriculture		téléchargeable en ligne	gratuit
régions forestières nationales		zonage basé sur les conditions physiques dominantes (climat, sols, relief), indépendamment des limites administratives	?						
régions forestières départementales	1/250 000	(cf. méthode)	?	couche SIG vecteur	France métropolitaine	IFN	régions forestières découpés par les limites départementales	téléchargeable en ligne	gratuit
zones phyto-géographiques IFN		(cf. méthode)	?				regroupement des régions forestières selon leur dominante biogéographique		
sylvo-écorégions (SER)	1/100 000 puis 1/25 000	zonage en 91 SER homogènes au regard des facteurs déterminant la production forestière ou la répartition des habitats forestiers	2009 puis ultérieur	couche SIG vecteur	France métropolitaine	IFN	croisement de données SIG de sources diverses	?	?
grandes régions écologiques (GRECO)	1/25 000	découpage macroclimatique, géologique et	2010	couche SIG vecteur	France	IFN	emboitement / agrégation des 86 SER	téléchargeable en ligne	gratuit

phytoécorégions (PER)	1/1 000 000	4 niveaux hiérarchiques	1980	carte papier (numérisée par divers organismes : Cemagref, IEN)	France métropolitaine	CNRS, Service des cartes de la végétation de la France	délimitation « manuelle » à partir de la carte de la végétation de la France au 1/200 000e	?	?
	?	4 niveaux hiérarchiques	(à venir)	couche SIG vecteur		SoeS	correction, mise en cohérence avec des référentiels existants	?	?
bassins versants (Bd Carthage)	du 1/50 000 au 1/250 000	découpage du territoire en zones hydrographiques (BV élémentaire), sous-secteurs, secteurs et régions hydrographiques	version 2010	couches SIG vecteur	France métropolitaine	Sandre (Eau France)	Bd Carto IGN enrichie par les agences de l'eau	téléchargeable en ligne	gratuit
hydroécorégions (HER)	1/100 000	entités spatiales homogènes du point de vue des déterminants physiques conditionnant le fonctionnement des écosystèmes aquatiques : géologie, relief, hydrographie, climat et végétation	(mise à jour régulière)	couche SIG vecteur	France métropolitaine	Cemagref de Lyon – Laboratoire d'Hydro-écologie Quantitative	croisement de données SIG de sources diverses	sur demande par mail	
massif (loi « montagne »)	-	délimitation des 6 massifs de France métro. – liste des communes par massif	1985 (?)	table à joindre à la couche SIG vecteur des communes Bd Carto IGN)	France métropolitaine (+ Outre-mer)	Observatoire des territoires (DIACT)	?	téléchargeable en ligne	gratuit
régions biogéographiques pan européennes	1/10 000 000	délimitation officielle et à la Directive Habitats (92/43/EEC) et utilisée dans le réseau EMERALD (Convention de Berne)	2004	couche SIG vecteur	Europe (27 pays)	European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity	?	téléchargeable en ligne	gratuit

Tableau 8 - Inventaire non exhaustif de données et ressources relatives à l'utilisation des terres et paysages et aux zonages environnementaux du territoire

Source : FCBN – Compilation : M. Decherf (FCBN)

3. Test des possibilités de la télédétection pour l'inventaire et la cartographie de végétations et d'habitats naturels et semi-naturels

Le travail conduit par le Cemagref dans le cadre de l'étude méthodologique pour une cartographie nationale des habitats a cherché à répondre à deux objectifs :

- préciser les possibilités des imageries aérienne et satellitale pour la cartographie de la végétation ;
- articuler l'information produite à partir de l'imagerie de télédétection avec les informations produites par les Conservatoires botaniques nationaux (CBN), pour construire une proposition de méthode de cartographie des végétations et habitats.

3.1. Possibilités de l'imagerie aérienne et satellitale : une description principalement physiologique de la végétation

3.1.1. L'offre actuelle et à venir en imagerie satellitale et aérienne

Le CEOS (Committee on Earth Observation Satellites), qui regroupe 28 agences spatiales et 20 autres organisations nationales et internationales, coordonne les observations spatiales civiles de la Terre. Les agences du CEOS exploitent ou prévoient d'exploiter, pendant les 15 prochaines années, environ 260 satellites avec une mission d'observation de la Terre. 80 missions auront la météorologie comme objectif principal, les 180 autres étant appliquées à un ensemble d'activités de recherche ou à caractère opérationnel ou commercial. Ces satellites emporteront plus de 400 instruments d'observation différents.

Pour les capteurs destinés à observer les surfaces continentales, la dernière décennie a vu un développement important de l'offre de données de télédétection, à travers :

- l'arrivée sur le marché d'une imagerie satellitale métrique et sub-métrique ;
- le passage au mode numérique de l'imagerie aérienne ;
- en même temps que les offres en imagerie satellitale à résolution décimétrique, type SPOT et Landsat, et à résolution kilométrique, type SPOT-VEGETATION et MODIS, se maintenaient.

3.1.2. Télédétection et végétation

Les possibilités des données de télédétection (images aériennes et satellitaires) pour la cartographie de la végétation résultent de trois types de réponse de l'imagerie satellitaire :

- une sensibilité spectrale différente pour 3 composantes élémentaires des surfaces terrestres, le végétal, le minéral et l'eau ;
- pour la composante végétale, une sensibilité à la densité de végétation, notamment grâce à la bande spectrale du proche infrarouge, et dans une certaine mesure une sensibilité à certaines caractéristiques foliaires (structure interne de la feuille, par exemple résineux vs feuillus, ou caractéristiques surfaciques particulières, par ex. surface plus réfléchissante, cf. certaines espèces méditerranéennes, par ex. l'olivier) ;
- avec la très haute résolution (résolution de l'ordre du mètre), qui permet entre autres de percevoir les ombres portées, l'accès à des informations détaillées sur la structure et même la texture du couvert végétal.

Il est donc possible d'avoir accès à une description de la végétation de nature physionomique, basée sur l'interprétation de gradients et dont la finesse géométrique dépendra de la résolution de l'image utilisée.

3.1.3. Intérêt des différentes résolutions spatiales

Les trois principales résolutions géométriques, i) kilométrique, ii) décamétrique et iii) métrique présentent chacune plusieurs intérêts :

- i) L'imagerie à résolution kilométrique présente deux avantages : elle est acquise avec une forte répétitivité, environ une dizaine de jours, et elle est gratuite. Sa forte répétitivité permet d'étudier le comportement spectral annuel de chaque unité élémentaire (pixel), ce qui permet d'estimer certains paramètres comme l'indice foliaire et de définir des « paysages », en regroupant des pixels voisins, au comportement spectral semblable. Ainsi Han *et al.* (2004) ont utilisé l'imagerie du capteur SPOT-VEGETATION et ont pu définir 44 paysages pour la métropole. Il est cependant clair que ce type d'imagerie présente une limite importante, due à la grande taille des pixels, qui conduit dans nos paysages au mélange, dans un même pixel, de différentes occupations du sol. Spectralement le pixel est principalement influencé par la ou les composantes majoritaires, et les occupations du sol minoritaires et leurs habitats associés ont alors très peu de chance d'être repérés. Par contre, dans le contexte de la cartographie nationale des végétations, ***il serait intéressant de tester en quoi la stratification du territoire ainsi obtenue pourrait être utile comme une aide à la spatialisation des types de végétations et d'habitats.***

- ii) Les premiers satellites à résolution décamétrique ont été les satellites américains Landsat, dont le premier a été lancé en juillet 1972, et le dernier, Landsat 7, en avril 1999. Ils ont été suivis par la série des satellites français SPOT, dont le premier a été lancé en février 1986 et le dernier, SPOT-5, a été lancé en mai 2002. Pour la première fois, dans le domaine civil, ces images donnaient accès, grâce à leur finesse, aux différentes composantes des paysages, par exemple dans un paysage rural, chaque champ était identifiable et le plus souvent était représenté par plusieurs pixels. Il faut d'ailleurs signaler que la résolution plus fine de SPOT (10 m en panchromatique et 20 m en multispectral) s'est avérée alors mieux adaptée à notre parcellaire européen que celle de Landsat (60 m puis 30 m en

multispectral, et depuis Landsat 7, 15 m en panchromatique). Une nouvelle étape devrait être franchie en 2013 avec le lancement du premier capteur européen Sentinel 1, suivi en 2014 du lancement du deuxième Sentinel 2. En effet l'imagerie produite comprendra 3 bandes visible et proche infrarouge avec une résolution de 10 m, une visée toujours verticale (comparativement aux visées à angle variable de SPOT), une fauchée de 300 km (comparativement aux 60km de SPOT) et une répétitivité de 10 jours avec un satellite, portée à 5 jours lorsque les deux satellites seront lancés, et ces données devraient être gratuites. Ces données offriront donc une véritable capacité de suivi multitemporel avec une résolution assez fine (10 m), capacité nécessaire à l'étude des milieux présentant une variabilité saisonnière.

- L'imagerie satellitaire civile à résolution métrique est devenue réalité avec le lancement du satellite IKONOS en septembre 1999. Peu de temps après, en octobre 2001, suivait le lancement du satellite QuickBird, qui collecte des images panchromatiques à 60-70 cm de résolution. Au même moment l'imagerie aérienne devenait numérique, et l'on assistait à une convergence des deux types de données. Ce type d'imagerie s'est imposée sur le marché et la France doit lancer fin 2010 le satellite Pléiades 1, qui sera suivi en 2011 de Pléiades 2, tous deux avec une résolution géométrique de 70 cm en panchromatique. Comparativement aux données décimétriques, les données à résolution métrique présentent les caractéristiques suivantes :

- un accès à une information plus détaillée, qui permet le repérage d'occupations du sol (habitats) occupant de faibles surfaces ;
- un coût d'accès plus élevé ;
- un accès à une information plus détaillée, donc plus volumineuse et parfois plus bruitée (au sens de présentant des détails « inutiles »).

Cette information, plus volumineuse et plus bruitée, aurait pu poser de difficiles problèmes de traitement. En effet les classifications d'imagerie décimétrique se sont faites quasi exclusivement pixel par pixel, sur la base de leur réponse spectrale (couleur). Avec une imagerie métrique, ce type de classification n'est plus possible : par exemple une forêt n'aura plus une couleur relativement homogène, réponse moyenne au niveau de chaque pixel de plusieurs arbres ou parties d'arbre par pixel, mais on y verra chaque arbre, avec une couleur pour la partie du houppier au soleil, une autre pour la partie à l'ombre ou les parties laissant apparaître le tronc et des branches maitresses et une troisième pour l'ombre portée. Fort heureusement, les progrès informatiques continus en capacités de stockage et en vitesse de traitement ont alors permis la mise au point de nouveaux outils de traitement. Ces outils actuels de traitement d'image (dits orientés objet) permettent d'avancer parallèlement à la complexification des images dans la reproduction du fonctionnement du photo-interprète travaillant sur une imagerie aérienne, de l'automatiser (au moins en partie) et de garantir sa reproductibilité. Ces outils permettent de réaliser successivement trois opérations : i) d'abord une partition de l'image en unités homogènes (par segmentation, et même par segmentations successives et emboîtées, allant du fin au grossier), ii) ensuite une caractérisation de chaque segment ou objet (basée sur de nombreux paramètres, réponse spectrale, texturale, forme et objets voisins) et iii) enfin une classification utilisant des concepts avancés (classification 'floue') et des informations extérieures (selon disponibilité). Il va par exemple être possible de reconnaître un arbre isolé, en reconnaissant d'abord, par leur taille, leur forme et leur couleur, ses trois composantes (partie du houppier au soleil, partie du houppier à l'ombre et ombre portée) puis en vérifiant que ces trois composantes sont adjacentes. De même à une autre échelle, on pourra reconnaître une ripisylve, par le fait que c'est une formation arborée de faible largeur, le long d'un cours d'eau.

3.1.4. De la description physionomique à la cartographie des végétations et habitats naturels et semi-naturels

Une fois que l'occupation du sol a été décrite, sur la base d'une description des trois composantes, végétale, aquatique et minérale, avec une description physionomique de la végétation, l'étape suivante consiste à tenter de poser une étiquette de type de végétation ou habitat (ou un jeu réduit d'étiquettes possibles) sur chaque élément du paysage, par exemple la surface herbacée ou la ripisylve.

Cette étape suppose quatre conditions :

- i) pouvoir attribuer à chaque type de végétation ou habitat une ou plusieurs formes physionomiques ;
- ii) avoir une connaissance globale suffisante de la végétation (éco-régions, aires de répartition), et être en mesure de corréliser la présence de chaque type de végétation ou habitat avec un certain nombre de paramètres du milieu (micro-climat local, substrat, altitude, forme du relief, pente, exposition, sol, pH, niveau d'humidité...) ;
- iii) parvenir à une modélisation suffisamment efficace des couples végétations / paramètres, pour permettre une inversion satisfaisante du modèle (dans une éco-région donnée, à un ensemble donné de paramètres du milieu, correspond un jeu réduit de types de végétations et habitats) ;
- iv) disposer d'une cartographie à la bonne échelle de tous les paramètres utilisés dans la modélisation.

Lors de la synthèse des connaissances sur les végétations, se pose la question du partitionnement préliminaire optimal du territoire national, permettant d'associer à chaque strate un ensemble d'habitats potentiellement disponibles. Pour ce partitionnement, les cartographies et zonages du territoire indiqués plus haut dans la partie A-2.4 du présent document pourront être utiles.

3.2. Bilan détaillé des tests réalisés par grands types de milieux

On trouvera dans un rapport spécifique produit par le Cemagref, les bilans approfondis du Cemagref concernant i) les milieux ouverts d'altitude, ii) les milieux forestiers (hors Méditerranée) et iii) les milieux méditerranéens. Sont présentés ici, d'une manière relativement détaillée, les tests des possibilités de la télédétection qui ont été conduits par le Cemagref. Ces tests ont été conduits par grands types de milieux, à savoir :

- milieux herbacés et landes d'altitude ;
- milieux forestiers ;
- milieux méditerranéens ;
- milieux herbacés de plaine et collines, et milieux humides.

3.2.1. Milieux herbacés et landes d'altitude

Sont présentés ici les grands principes méthodologiques utilisés, et soulignés quelques points forts de la méthode et des résultats obtenus. On se reportera au rapport spécifique du Cemagref pour une présentation détaillée.

3.2.1.1 Présentation résumée du travail

A l'échelle nationale, les milieux herbacés et landes d'altitude représentent environ 2 millions d'hectares, essentiellement dans les étages subalpins et alpins, constitués de formations pastorales. Fondée sur la connaissance fine des caractéristiques agroécologiques des pelouses et landes, la méthode développée par le Cemagref de Grenoble se présente comme une double approche : d'une part approche par des modèles agroécologiques régionaux et d'autre part approche par l'analyse de données satellitales. L'interface entre ces deux approches est une description 'physionomique' de ces végétations, permettant leur cartographie à une échelle moyenne, sur de vastes étendues.

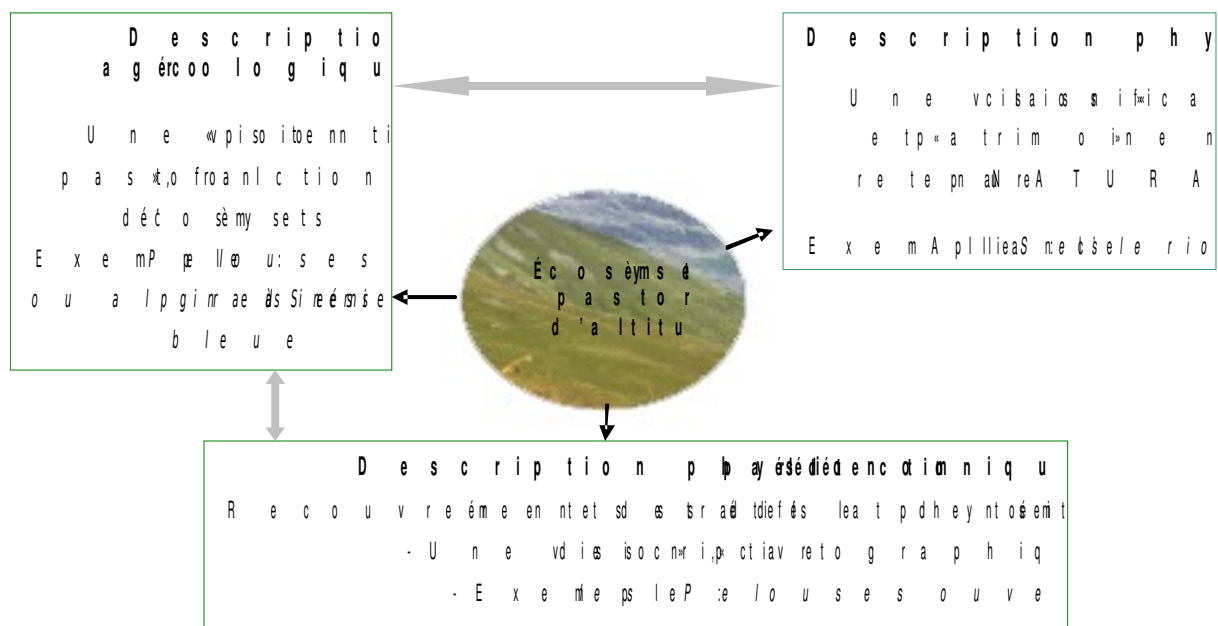


Figure 27 - Trois approches emboîtées pour décrire la végétation supraforestière

Sur la base d'une analyse quantitative et qualitative des végétations présentes, des typologies agroécologiques ont été réalisées, dans une optique de « potentiel pastoral » et de fonctionnement d'écosystèmes (exemple : les Pelouses subalpines ou alpines en gradins à Séslerie bleue). Chaque type agroécologique est aussi rattaché à une unité phytosociologique, échelon descriptif de la classification phytosociologique (exemple : l'alliance du *Seslerion variae*). Enfin, dans une optique d'inventaire cartographique, le Cemagref a développé une description physionomique de ces milieux pastoraux qui

passe par l'analyse du recouvrement des différentes strates et de la densité de la phytomasse herbacée. C'est une vision « descriptive », basée sur l'analyse de gradients, orientée vers la cartographie (exemple : pelouses ouvertes). La méthode proposée est basée sur une articulation entre ces trois descriptions de ces végétations : agroécologique, phytosociologique et physionomique (Figure 28). Dans le cadre de la présente étude, les correspondances « Types physionomiques / Types agroécologiques / Types phytosociologiques » sont particulièrement importantes à analyser. Ces correspondances ne sont naturellement pas biunivoques, vu leur nature différente en termes de caractérisation des groupements végétaux : la typologie phytosociologique est de nature essentiellement qualitative ; celle agroécologique est qualitative (appartenance phytosociologique) et quantitative (composition floristique, taux de recouvrement, gradients des facteurs écologiques) ; la typologie physionomique est essentiellement quantitative (taux de recouvrement des différentes strates ; gradient de phytomasse).

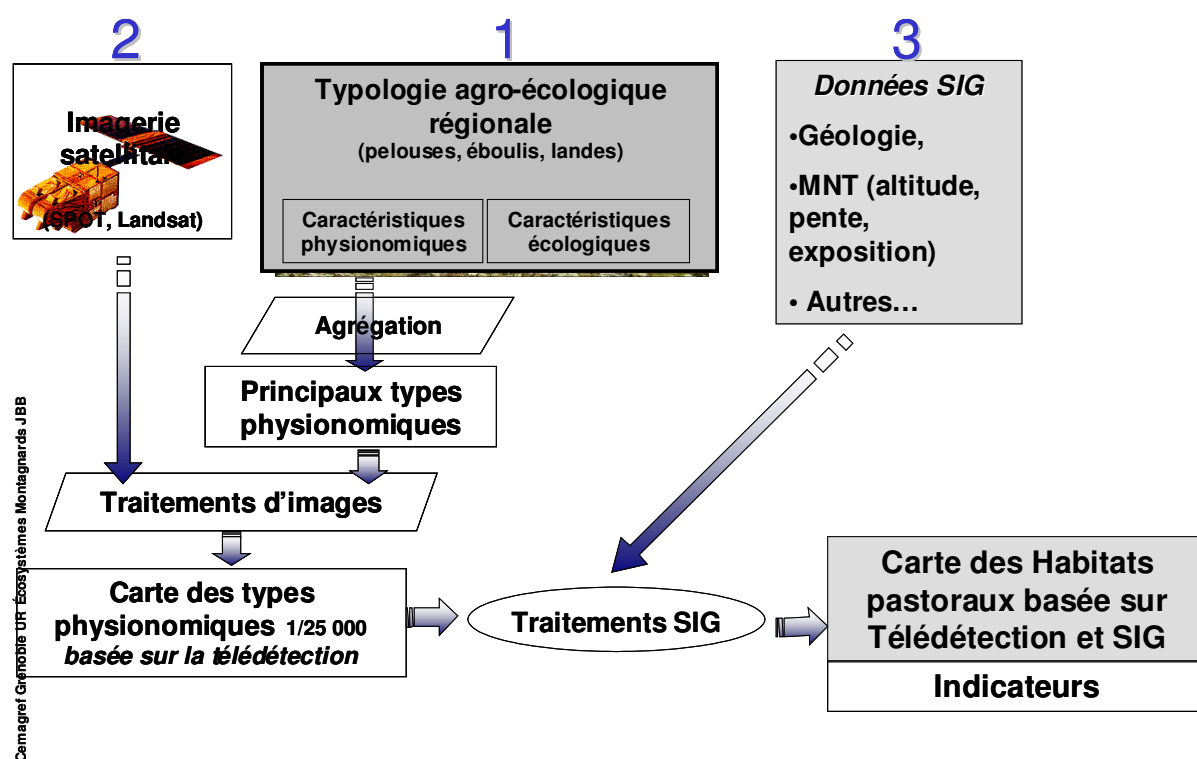


Figure 28 - La cartographie des habitats pastoraux basée sur la typologie agroécologique, la télédétection et les SIG

Les travaux conduits et les résultats obtenus dans quatre grands massifs français par la méthode « Télédétection et agroécologie » nous permettent de proposer des options techniques et un phasage méthodologique générique pour l'application de cette double approche [Imagerie multitemporelle, Classifications dirigées, Indice de végétation, Matrice de confusion et Indice de proximité physionomique...]. La matrice de confusion sur types agrégés au niveau de proximité « 1 » donne une performance globale de la classification de 82%, ce qui est très bon pour ces milieux hétérogènes de montagne. La matrice de confusion sur types agrégés au niveau des grandes strates présente une performance du même ordre. Les classifications finales résultantes, validées au 1/25 000 comportent une vingtaine de types physionomiques, regroupés en quatre grandes catégories classiques: 1) les pelouses ; 2) les landes ; 3) les formations mixtes (herbacées /minéral ou landes /minéral ou herbacé/

lande/ minéral); 4) les formations boisées – incluant le sous-groupe "forêts pâturées". Le domaine géographique de validité des typologies physionomiques est argumenté pour chaque massif cartographié.

En complément, nous avons analysé les données cartographiques produites par l'Inventaire Forestier National (IFN), dans le Mercantour. La carte des types IFN (élémentaires ou agrégés) a été croisée avec la carte physionomique : pour le type IFN « pelouses alpines », on note un très bon classement en pelouses, à près de 80% ; pour le type IFN agrégé "Futaies de résineux " on a un bon classement en Résineux denses (76%) et un très bon classement en Forêts (89%).

L'analyse des variantes et compléments méthodologiques mis en œuvre dans quatre massifs (Écrins-Oisans (1996), Alpes du Nord-Vanoise (1999), Pyrénées centrales et occidentales (2003), et Mercantour (2007)) permet d'apprécier la généralité de la méthode. Parmi la vingtaine de types physionomiques discriminés, quinze mêmes types sont présents dans chacun des quatre massifs et ont été cartographiés. C'est donc une forte homogénéité qui a été obtenue dans la description et la cartographie de ces milieux de montagne. Des variantes et des types supplémentaires ont été cartographiés pour certains massifs : résineux lâches (très présents et souvent espaces pâturés dans le Mercantour), végétations des zones basses (Fougères, Brachypode pour les Pyrénées), etc.

Dans le but d'étendre la méthode à des zones de montagne où l'on ne dispose pas de modèle descriptif agroécologique régional, la technique des classifications semi-dirigées apparaît plus pertinente (vs classifications dirigées). La méthode s'appuie sur la génération de 255 classes, agrégées en une vingtaine de classes interactivement via un référentiel de terrain. Nous avons testé sa performance par rapport à la classification dirigée, sur le massif du Mercantour.

La typologie physionomique en 15 classes obtenue a un caractère de généralité marqué pour l'ensemble des massifs montagneux. Pour une discrimination plus fine des types de végétations, des données de milieux doivent compléter les données radiométriques (Figure 24). Les types physionomiques établis sont mis en correspondances avec la nomenclature phytosociologique, au niveau de l'association et de l'alliance. Lors de la nécessaire confrontation des référentiels de terrain mobilisables avec les cartes physionomiques, nous proposons de privilégier comme facteurs discriminants d'interface les caractères phytoécologiques les plus marqués des formations végétales, pour approcher la localisation probable des faciès. Dans ce sens, ont été confrontées l'approche descriptive et cartographique physionomique réalisée par télédétection et celle réalisée par le CBN Alpin (CBNA) : cartographie phytoécologique, basée sur des investigations de terrain. Pour ce faire, le travail s'appuie sur la carte des types physionomiques et sur les données altitude, pente et exposition. Il apparaît notamment une bonne cohérence entre les types physionomiques de pelouses, regroupées par mode, et les grandes catégories phytoécologiques cartographiées par le CBNA (modes nival, intermédiaire et thermique) ; concernant le taux de couverture herbacée, les données CBNA présentent un gradient similaire aux valeurs des types physionomiques, et des valeurs moyennes similaires en ordre de grandeur.

Une amélioration en terme de correspondances « Types physionomiques / Types CBNA » pourrait être apportée au terme de discussions avec les phytosociologues en charge des cartographies au sein des différents Conservatoires botaniques nationaux. Une meilleure connaissance de leurs approches cartographiques et des critères de caractérisation de certaines catégories d'habitats (Forêts, falaises, éboulis, landes notamment) pourrait permettre la mise en place de règles discriminantes de premier ordre permettant d'améliorer les classifications.

3.2.1.2 Points forts de la méthode

a) Cartographie physiologique des milieux ouverts d'altitude par télédétection. Les classifications dirigées

Nous présentons ici la généralisation du déroulé méthodologique pour l'obtention d'une cartographie physiologique des végétations d'altitude, à échelle moyenne, par télédétection, calée sur les typologies agroécologiques régionales. Les phasages et choix techniques sont illustrés par l'exemple du Mercantour.

Principes méthodologiques

Basées sur la typologie agroécologique régionale des Alpes Sud-occidentales, les classifications d'images ont permis d'aboutir à une typologie physiologique des végétations d'alpage en 19 types et à leur cartographie au 1/25 000 (Figure 24, étapes 1 et 2). Ces travaux ont permis de formuler les grands principes méthodologiques suivants :

- Nombre de dates de prises de vue : Il est nécessaire de disposer au minimum de deux scènes satellitaires prises au cours de la saison d'estive.
- Type de capteur : Les scènes acquises avec SPOT ou LANDSAT ont été privilégiées du fait de leur emprise bien adaptée à de la cartographie sur de grands massifs (60 km de fauchée pour SPOT et 180 km pour LANDSAT).
- Indice de végétation normalisé : Pour chaque scène (juillet et août), est généré un néocanal exprimant un indice de végétation normalisé [NDVI = (IRP-R)/(IRP+R)].
- Nombre de canaux traités : Pour chaque date, 7 canaux ont été traités simultanément
- Classifications dirigées : Maximum de vraisemblance, sous hypothèse gaussienne.
- Classification dirigée indépendante pour chaque date et traitements de post-classification
- Combinaisons des deux classifications résultantes, sous conditions
- Validation de la classification finale résultante : Elle comporte 19 types physiologiques élémentaires :

Rochers / Éboulis peu colonisés / Éboulis assez bien végétalisés / Formations herbacées avec minéral / Pelouses ouvertes / Pelouses très faiblement productives (en phytomasse) / Pelouses de productivité médiocre / Pelouses de productivité moyenne / Pelouses de forte productivité / Pelouses de très forte productivité / Landes rocailleuses / Landes denses / Forêts de feuillus dominants / Forêts de résineux dominants / Forêts mixtes / Résineux lâches sur strates de landes et/ou pelouses / Résineux lâches à très lâches sur minéral et/ou pelouses séchardes / Eaux / Neige

Contrôle de la classification finale

Dans des milieux naturels complexes avec des variabilités locales décimétriques souvent importantes (gradients, mosaïques) telles qu'on les trouve en zone de montagne, les performances de la classification doivent être interprétées en tenant compte 1) de la finesse typologique recherchée (ici 6 types de pelouses = objectif ambitieux), 2) de l'organisation de ces végétations en gradients et mosaïques, 3) de la taille des pixels (30*30 m). Pour des classifications dirigées en milieu

montagnards et pour ce niveau de finesse typologique, des valeurs de diagonales supérieures ou égales à 80% sont considérées comme très bonnes, et des valeurs supérieures ou égales à 65% sont largement acceptables. Un indice de Précision globale (PG) est calculé ($\sum \text{pixels bien classés} / \sum \text{pixels}$). Pour mieux raisonner les résultats des matrices de confusion, nous utilisons la notion de niveaux de 'proximité physiologique' des faciès. La matrice de confusion sur types agrégés au niveau de proximité « 1 » donne une performance globale de la classification de 82%, ce qui est très bon pour ces milieux hétérogènes de montagne. La matrice de confusion sur types agrégés au niveau des grandes strates présente une performance du même ordre (81%).

Caractéristiques des types physiologiques

Pour chaque type, on présente les caractéristiques moyennes de recouvrement des différentes strates, le niveau de production pondérale, exprimée en tonne de matière sèche à l'hectare, les grandes caractéristiques de milieu, les correspondances probables des types physiologiques avec d'une part les types agroécologiques dominants du domaine pastoral du Parc, d'autre part avec les groupes phytosociologiques, niveau Alliance. En effet, dans le cadre de la présente étude, les correspondances « Types physiologiques / Types agroécologiques / Types phytosociologiques » sont particulièrement importantes à analyser. Ces correspondances ne sont naturellement pas univoques, vu la nature différente de leur caractérisation des groupements végétaux : typologie phytosociologique de nature essentiellement qualitative, typologie agroécologique qualitative (appartenance phytosociologique) et quantitative (composition floristique, taux de recouvrement, gradients des facteurs écologiques) et typologie physiologique essentiellement quantitative (taux de recouvrement des différentes strates ; gradient de phytomasse)).

b) Critères de généralité – Méthodologie comparée dans 4 massifs (Parcs nationaux des Écrins, de la Vanoise, des Pyrénées et du Mercantour)

Sont présentés ici les choix techniques de méthode, de données et les résultats obtenus par l'application de la méthode de cartographie physiologique par télédétection dans quatre grands massifs : OISANS /ÉCRINS 1996, ALPES du NORD /VANOISE 1999, PYRÉNÉES 2003, MERCANTOUR 2007.

On trouvera dans le rapport spécifique du Cemagref, une description des aspects suivants: Caractéristiques des scènes - Choix et usages des données altimétriques et dérivées (MNT) - Données de milieux complémentaires - Cartographies de milieux complémentaires - Chainage des classifications dirigées - Règles de combinaison des classifications dirigées - Échantillonnage : Parcelles d'entraînement, Parcelles de contrôle - Variantes dans les typologies physiologiques obtenues - Comparaison des performances globales des méthodes. Indice de performance globale (PG) sur les matrices de confusion de contrôle - Correspondances entre Types physiologiques et Types agroécologiques.

Pour ce qui concerne les variantes dans les typologies physiologiques obtenues, on remarque qu'une quinzaine de types physiologiques se retrouvent dans chacun des quatre massifs. C'est donc une forte homogénéité qui a été obtenue dans la description et la cartographie de ces milieux de montagne.

c) Critères de généralité - Classifications semi-dirigées

L'objectif est de tester la génération d'une carte des types physiologiques de végétations sur une région de montagne pour laquelle on ne dispose pas de typologie agroécologique régionale pouvant

servir de modèle de référence pour des classifications dirigées, telles que réalisées précédemment (Alpes du Nord, Écrins-Oisans, Pyrénées, Mercantour). Dans ce cas, il est souhaitable de réaliser une classification semi-dirigée, dont les phases principales peuvent être résumées ainsi : i - partition en N classes de l'espace radiométrique des scènes, ii- agrégations de ces classes basées sur un référentiel de terrain.

Les points suivants sont traités : Référentiel de terrain et données nécessaires ; Mise en œuvre des classifications semi-dirigées sur les images de juillet et d'août (Mercantour) [Préparation de la carte physiologique de référence ; Prétraitements (Filtrage des images à travers le « Masque IFN ») ; Exécution des classifications semi-dirigées (Génération de 255 classes ; Regroupements de 255 classes en 14 classes) ; Post-traitements (Homogénéisation ; Application de la règle « EAUX ») ; Combinaisons des classifications semi-dirigées de juillet et d'août (gradient altitudinal de phénologie ; relever le niveau des résineux lâches sur rocher ; diminuer la présence des landes denses...)].

d) Des cartes physiologiques à la localisation probable de faciès

Nous avons comparé la carte des types physiologiques obtenus par télédétection avec la carte des Types phytoécologiques du CBNA, à travers les travaux conduits sur le Mercantour. L'objectif était de confronter la classification physiologique réalisée par le Cemagref sur le Mercantour avec la carte des types phytoécologiques réalisée par le CBNA (J. Van Es et collaborateurs), qui décrit et cartographie les faciès dominants de la zone centrale du parc du département des Alpes de Haute Provence [couche vecteur, 3000 polygones, 11 000 hectares, 1300-3000 mètres]. Pour ce travail de confrontation, ont été retenus comme pertinents les différents libellés de la table attributaire concernant la dénomination des faciès (différents niveaux de finesse descriptive), les descriptifs de nature physiologique des couverts, ainsi que l'affectation à chaque faciès des codes correspondants aux principales nomenclatures en la matière.

L'analyse de certains critères descriptifs des types de végétation retenus par le CBNA avait pour objectif d'estimer leur intérêt pour une comparaison avec certains des critères retenus pour la définition des types physiologiques, et permet de raisonner les seuils afin d'améliorer les correspondances entre ces types. On traite ici 2 critères : le taux de recouvrement herbacé et le mode des pelouses (nival, intermédiaire et thermique). Concernant la couverture herbacée des types, les données issues du terrain (CBNA) présentent un gradient similaire aux valeurs des types physiologiques, et des valeurs moyennes similaires en ordre de grandeur. La cohérence entre les types physiologiques issus de la télédétection et la réalité de terrain est très encourageante. Les pelouses les plus productives sont bien distribuées entre les différents types de pelouses CBNA (mode nival, intermédiaire et thermique) avec une prépondérance logique pour les pelouses mésophiles (mode intermédiaire).

Une amélioration en terme de correspondances « Types physiologiques / Types CBNA » pourrait être apportée au terme de discussions avec les phytosociologues en charge des cartographies au sein des différents Conservatoires botaniques nationaux comme exposé plus haut (cf. 3.2.1.1).

Un rapport complet du travail du Cemagref sur ce milieu et deux autres est remis au Ministère en même temps que le présent document général.

3.2.2. Milieux forestiers

Le travail a d'abord consisté à rechercher et évaluer les différentes données génériques spatialisées (images satellites, photographies aériennes, données environnementales) intéressant les milieux forestiers et disponibles sur l'ensemble du territoire métropolitain (hors milieux méditerranéens). Pour le reste il s'agissait de mettre au point une méthodologie sur un ou plusieurs sites d'étude à partir des données précédemment sélectionnées, en s'appuyant à la fois sur les nombreux travaux et références bibliographiques portant sur le même sujet, et sur les principaux outils géomatiques actuellement utilisés en télédétection.

3.2.2.1. Choix des sites

On ne peut pas obtenir une complète représentativité de la forêt française avec seulement deux ou trois sites tests, notre objectif est plutôt de rechercher des situations contrastées et représentant chacune des types forestiers couramment observés en France. Nous avons ainsi retenus trois sites : le massif du Vercors (38 et 26), la forêt d'Hagenau (67) et la forêt alluviale de la Bassée auboise (10). Pour une description des sites voir le rapport détaillé du Cemagref. Les zones retenues présentent des formes forestières relativement variées : forêts massives (Hagenau, Vercors) ou discontinues (Bassée), structures principalement irrégulières (Vercors) ou régulières (Hagenau), variation (Hagenau, Bassée) ou continuité (Vercors) inter-parcellaire. La contrainte de temps nous a conduits à nous limiter au seul site du Vercors qui a fait l'objet d'une étude approfondie ; pour les deux autres sites la phase de mobilisation des données a été faite. Le tableau 9 indique les principales informations sur les sites et les informations géographiques correspondantes qui ont été rassemblées.

Site	PNR du Vercors	Forêt d'Hagenau	Bassée auboise
Surface, emprise	206 208 ha (PNR), dont 139 000 ha de forêt	19 220 ha (ZPS)	9 266 ha
Altitude min-max	180 - 2453 m	139 – 186 m	58 – 82 m
Départements	38,26	67	10
Image SPOT (©CNES 2009, Distrib. SPOT Image SA)	Scène SPOT5 du 15-07- 2005, 4 bandes spectrales (vert, rouge, proche IR, moyen IR)	2 scènes SPOT5 (05-09-2005 et 20-05-2009), 4 bandes spectrales (vert, rouge, proche IR, moyen IR)	2 scènes SPOT5 (21-04-2006 et 22-05-2007), 4 bandes spectrales (vert, rouge, proche IR, moyen IR)
BD-Ortho IGN	38 : 2003 et 2009 (IRC) 26 : 2006 (IRC)	2007 (IRC)	2005 (IRC)
Carto. des habitats réalisation	CBN Alpin	ONF	CBN-Bassin Parisien
Relevés floristiques	CBN Alpin	ONF	CBN-Bassin Parisien
Zonages environnementaux	PNR du Vercors Réserve Naturelle sites Natura2000 (1 ZPS et 6 SIC))	sites NATURA2000 (1 ZPS et 1 SIC)	aucun
Références		Natura2000 : fiche du site de	Bissot R. et Miroir J., 2009

		la Forêt d'Haguenau (http://natura2000.environnement.gouv.fr/sites)	
<i>[Cartographie forestière de l'IFN](*)</i>	<i>[38 : 1993 (AN)]</i> <i>[26 : 2006 (NN)]</i>	<i>[2005 (NN)]</i>	<i>[1997 (AN)]</i>

(*) la mise à disposition de ces données n'a pu se faire dans les délais de l'étude

Tableau 9 - Sites d'étude : inventaire et description des données spatialisées

Source : S. Luque, V. Breton et J. Renaud – Cemagref Grenoble

La particularité de cette démarche méthodologique est qu'elle s'appuie essentiellement sur des **relevés phytosociologiques ponctuels** et non sur des cartographies surfaciques préexistantes. Ces relevés ont été analysés en combinaison avec des variables environnementales pour aboutir à une caractérisation phytoécologique des habitats. Cette méthodologie a été jugée plus pertinente étant donnée la relative hétérogénéité des données surfaciques des différentes cartes disponibles (typologie, résolution, précision et traitement des mosaïques...).

3.2.2.2. Cartographie des habitats naturels et relevés « floristiques » ponctuels

Pour nos sites d'étude, les relevés ponctuels ont été fournis par le CBN-Alpin (Vercors), l'ONF (Haguenau) et le CBN-Bassin Parisien (Bassée auboise). Il s'agit dans le cas du CBNA de relevés ponctuels issus des campagnes de terrain menées par les phytosociologues depuis plusieurs années. La base de données contient plusieurs milliers de relevés dont la précision et l'exhaustivité varie. Un tri sélectif a été mené en collaboration avec les experts du CBNA pour ne garder que les relevés les plus pertinents. Un premier tri a permis de laisser de côté tous les relevés non situés en zone forestière, puis dans un second temps, les relevés jugés trop imprécis ont été écartés. Des extractions de points centroïdes ont également été effectuées à partir des polygones représentant des habitats forestiers purs (taux de couverture du polygone supérieur à 90%) pour enrichir le jeu de données.

L'intérêt de relevés ponctuels est de dresser la liste des habitats observés sur la zone d'étude, d'apporter une aide lors des différentes phases de classification et de fournir des données de validation.

La méthode mise au point combine l'utilisation de deux types de données : 1) d'une part les images de télédétection (imagerie satellitale, photographies aériennes) qui permettent via certains traitements numériques d'acquérir des informations sur le couvert végétal, 2) d'autre part les données dites « environnementales » qui contiennent déjà des informations plus ou moins précises sur l'environnement (relief, météorologie, végétation).

3.2.2.3. Segmentation et classifications de l'image

L'analyse de l'image SPOT (©CNES 2009, Distrib. SPOT Image SA) a été réalisée avec le logiciel Définiens® / E-Cognition. Le cadre méthodologique distingue deux principales étapes de traitement de l'image :

- d'une part une phase de segmentation (Figure 29.b). L'opération consiste à regrouper des pixels présentant des caractéristiques similaires. Les éléments ainsi obtenus sont appelés « segments »

ou « objets ». Un paramétrage initial vise à retenir un facteur d'échelle pour déterminer une taille moyenne des objets. La segmentation tient également compte de préférences spécifiées par l'opérateur sur des critères de couleur et/ou de forme (compacité) des objets.

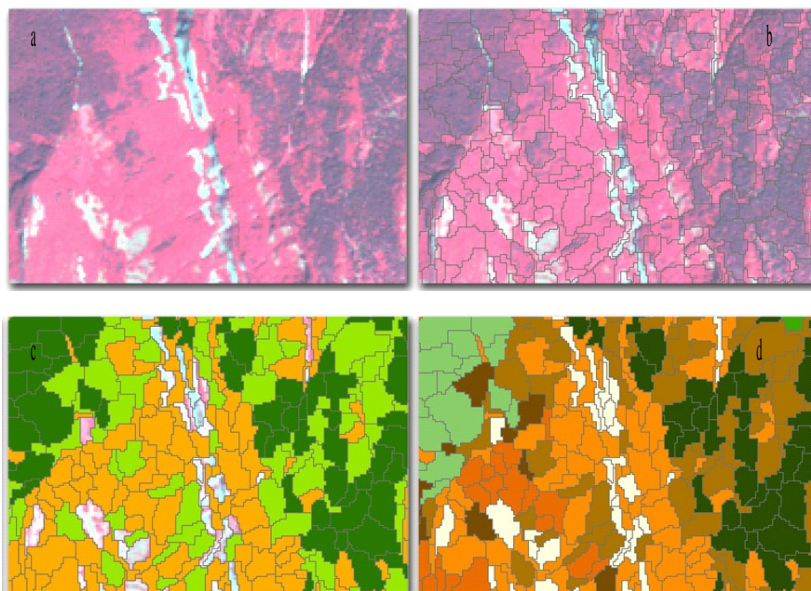


Figure 29 - Exemple de travail sur image satellite en milieu forestier (site du Vercors)

- a) Extrait d'image SPOT5, b) Image segmentée, c) Classification de niveau 1 (41...),
d) Classification de niveau 2 (41.1...)

- d'autre part une phase de classifications hiérarchiques des objets issus de la segmentation. Une première classification s'est construite uniquement sur les valeurs spectrales des objets et a permis d'aboutir à une distinction en principaux types de peuplements (feuillus, résineux ou mixtes, correspondant respectivement aux classes CB 41, 42 et 43). Une deuxième classification - dont le procédé sera décrit précisément plus loin - se base sur les variables environnementales ; elle vise un niveau hiérarchique plus fin de type 41.1 (« Forêts dominées par *Fagus sylvatica* »).

Pour résumer, les principales étapes de la méthode (Phase I et II) sont présentées dans un schéma synoptique (Figure 30).

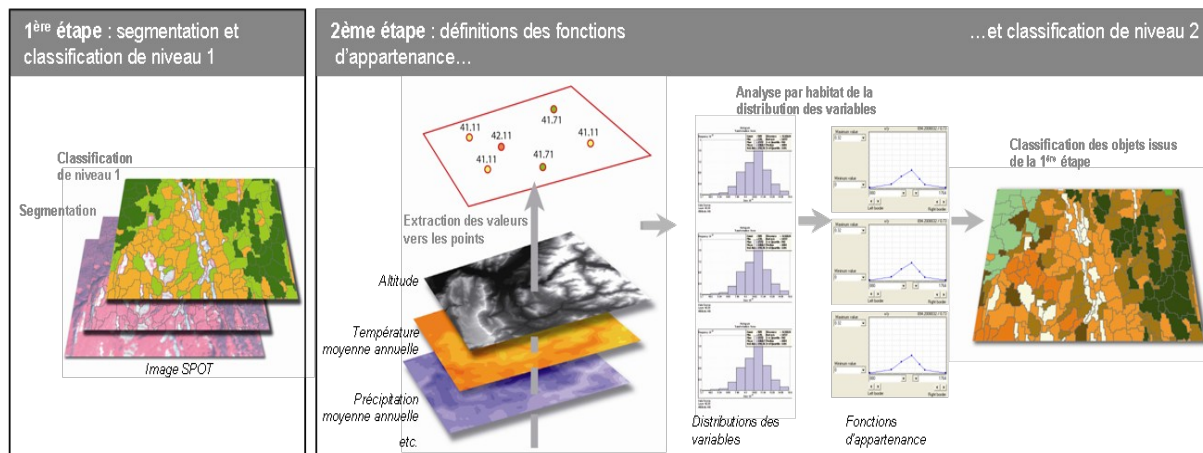


Figure 30 - Schéma synoptique de la méthode employée pour la cartographie des milieux forestiers

3.2.2.4. Notions de fonctions d'appartenances et de logique floue

La deuxième classification intègre les variables environnementales précédemment collectées et disponibles sur l'ensemble du Vercors, à savoir altitude, pente, température moyenne annuelle, précipitations moyennes annuelles, et bilan hydrique (différence entre les précipitations moyennes annuelles et l'évapotranspiration annuelle selon Turc). Le principe est de définir une connaissance « experte » des habitats forestiers sur la base de différentes sources d'informations : 1) le travail de typologie et de caractérisation des habitats forestiers de Gégout *et al.* (2008), 2) l'expertise d'un phytosociologue du CBN Alpin et 3) la cartographie des habitats naturels récemment construites par le CBN Alpin. Ce travail a permis à la fois de lister l'ensemble des habitats forestiers théoriquement observés dans le Vercors (site d'étude test), mais aussi d'apporter des éléments chiffrés sur les conditions écologiques qui sous-tendent la répartition spatiale de ces habitats. On parle aussi de système « expert » sur lequel se base l'automatisation de l'interprétation des données. Les informations sont synthétisées pour chacune des variables environnementales et pour chaque habitat sous forme de fonction d'appartenance (voir rapport détaillé du Cemagref). Les types d'habitats recherchés par classifications sont indiqués dans le tableau 10.

Code CB	Intitulé
41.1	HETRAIES
41.4	FORETS MIXTES DE PENTES ET RAVINS
41.7	CHENAIES THERMOPHILES ET SUPRA-MEDITERRANEENNES
42.1	SAPINIERES
42.2	PESSIERES
42.5	FORETS DE PINS SYLVESTRES
43.1	FORETS MIXTES (HETRAIES SAPINIERES OU HETRAIES SAPINIERES PESSIERES)
43.4	FORETS MIXTES DE PENTES ET RAVINS
44.3	FORET DE FRENES ET D'AULNES DES FLEUVES MEDIO-EUROPEENS

Tableau 10 - Liste des types d'habitats Corine Biotopes étudiés

Notre démarche d'analyse repose sur un mode de raisonnement particulier, spécifique à l'utilisation de données imprécises ou incomplètes, communément appelé « logique floue ». Le fait qu'il n'est pas possible de prédire avec certitude qu'à telle altitude on trouvera tel habitat et aucun autre, illustre bien le manque de précision de nos données. La réalité du terrain nous impose une interprétation souvent compliquée, par exemple : les peuplements purs de Sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) sont observés entre 1000 et 1500 m, mais avec - au sein de cet intervalle - une probabilité de présence variable (généralement plus rare sur les extrêmes). Ainsi, elles n'indiquent pas des valeurs d'interprétation de type binaire (« vrai » ou « faux »), mais plutôt un degré d'appartenance qui varie entre 0 et 1. Les résultats sont donnés pour chaque objet sous forme de probabilité d'appartenance à tel ou tel habitat.

Probabilité et précision des résultats

Nous avons fait une interprétation de ces résultats en nous basant sur les probabilités les plus élevées (Figure 29.d) par comparaison avec les données de validation. Avec une précision globale de 51% et dans le cadre de ce travail de mise au point méthodologique, ces résultats sont relativement encourageants (3 des 9 types ont une performance de classement de plus de 65%, 3 de moins de 30%). Pour aller plus loin dans l'analyse nous pourrions tenir compte de la 2^e plus forte probabilité d'appartenance, éventuellement la 3^e, lorsque celles-ci sont très proches en valeur absolue de la 1^{re}. On pourrait ainsi admettre que dans certaines situations notre prédiction ne permet pas réellement de dissocier deux, voire trois, types d'habitats. Il pourrait être intéressant d'accepter une marge d'erreur et de proposer un choix d'habitats potentiellement présents. Une phase ultérieure de vérification serait alors nécessaire. Rappelons que l'objectif final est d'apporter une aide à la réalisation d'une cartographie, et qu'une validation sera de toute façon impérative, par photo-interprétation et/ou par des relevés de terrain.

Les relevés floristiques stationnels établis dans le cadre d'étude phytosociologiques par les Conservatoires botaniques nationaux (CBN) constituent un excellent outil pour élaborer des règles d'experts et pour approcher les critères de distribution des habitats. Pourtant, leur utilisation, à la fois pour l'entraînement, la création de règles et la validation, introduit un biais dans notre analyse. Ainsi, il serait souhaitable pour la validation d'utiliser une source de données différente, qu'il conviendrait d'obtenir par une validation de terrain spécifique ou des données indépendantes.

3.2.3. Milieux méditerranéens

L'unité EMAX du Cemagref d'Aix-en-Provence a réalisé des travaux de faisabilité à partir des données proposées par le Conservatoire botanique national Méditerranéen de Porquerolles (CBN-Med), compétent sur les régions méditerranéennes françaises en Languedoc-Roussillon et en Provence et Côte-d'Azur, ainsi que sur les formations arbustives des Bouches-du-Rhône et du Var.

3.2.3.1. Essai d'application à la cartographie des habitats du PNR Verdon (partie Sud)

Dans un premier temps, nous avons testé différentes méthodes de traitement des données satellitales avec l'objectif de restituer de manière semi-automatique la délimitation et l'identification des habitats cartographiés à partir d'une approche de terrain par le CBN-Med dans la zone sud du Parc Naturel Régional du Verdon, cette cartographie initiale servant de référence.

Nous avons utilisé des données satellitales ASTER de juillet 2006. Les données ASTER sont à une résolution de 15 m et comprennent 9 bandes spectrales entre le visible et le moyen-infrarouge et 5 bandes dans l'infrarouge thermique à une résolution de 30 m. Elles permettent théoriquement de réaliser des cartographies potentiellement à une échelle de 1/10 000, mais sont de fait plutôt adaptées pour des cartographies entre le 1/25 000 et le 1/50 000.

Les polygones d'habitats ont servi de référence pour définir des zones d'entraînement pour les méthodes de classifications des images satellitales. Nous avons considéré dans un premier temps que cette cartographie de référence était équivalente à une vérité terrain. La typologie de végétation locale, qui est en grande partie une transcription de la typologie EUNIS N3, a été retenue.

Nous avons utilisé 2 familles de méthodes. D'une part les méthodes dites « par pixel » qui travaillent sur les profils radiométriques des classes d'entraînement et attribuent chaque pixel indépendamment des autres à chacune des classes disponibles et d'autre part les méthodes dites « par objet » qui segmentent l'image initiale en un certain nombre de zones homogènes (les objets) et affectent chacune de ces zones aux classes d'entraînement en fonction de la radiométrie et d'autres paramètres disponibles (texture, motifs...).

Pour la méthode de classification par objet nous avons utilisé le module *Feature Extractor* du logiciel d'Analyse d'image ENVI. Les résultats indiquent une variabilité trop importante à l'intérieur des classes de départ délimitées sur la cartographie de référence et rapportée à l'image Aster. Cela signifie que les polygones attribués à un habitat comportent vraisemblablement plusieurs formes différentes d'un même habitat (par ex. avec un taux de couverture du sol variable).

La classification de l'image permet de créer une cartographie mais dont les contours ne correspondent pas à la cartographie de référence, notamment pour les polygones de grande taille. En l'absence de phase de terrain dans cette étude pour alimenter le modèle en vérité terrain de bonne qualité, il est difficile d'évaluer le potentiel de cette méthode sur cette zone.

Au niveau des méthodes par pixel, nous avons utilisé 2 approches. D'une part une méthode de classification supervisée purement spectrale (maximum de vraisemblance) et d'autre par une méthode qui permet l'utilisation de données environnementales non spectrales (ex. : carte géologique, topographie...) qui est la méthode des Arbres de Classification (CTA : Classification Tree Algorithm). La méthode du maximum de vraisemblance a été appliquée sur le logiciel ERDAS IMAGINE et la

méthode des Arbres de Classification sur le logiciel IDRISI -TAIGA. Ne seront présentés ici que les résultats de la méthode par arbre de classification.

Un arbre de classification est une méthode de classification qui utilise des données d'entraînement (classe connue) pour construire un arbre de décision faisant intervenir diverses données. L'algorithme sélectionne de manière itérative la variable (par exemple la réflectance dans une bande) et la valeur seuil qui permettent de séparer un jeu de données en deux groupes en minimisant la variabilité intra-groupe et en maximisant le contraste entre groupes.

La méthode CTA permet d'obtenir des résultats satisfaisants sans être remarquables. L'inclusion des données environnementales permet de faire passer le kappa de concordance de 0,283 (mauvais) à 0,685 (bon). Les contours des taches d'habitats obtenus correspondent globalement aux limites des polygones de la carte de référence, cependant à ce stade et compte tenu d'un certain nombre d'interrogations sur la qualité de la carte de référence, il est difficile d'établir en l'absence de vérité terrain où se situent les améliorations et les erreurs par rapport à la carte de référence utilisée.

Une analyse par grands types d'habitats indique une disparité des qualités de classification qu'il conviendrait d'analyser pour en comprendre les origines (nature des données, échelles, typologie, etc.). Ainsi les valeurs sont excellentes pour les habitats forestiers, les landes et fruticées, les steppes et prairies calcaires, etc. et mauvais pour les lagunes et réservoirs industriels ou les rochers et éboulis.

3.2.3.2. Exemple de cartographie des formations arbustives méditerranéennes

Nous avons appliqué les méthodes de cartographie supervisée à une zone d'étude plus large, en utilisant les mêmes outils sur une base de données similaires (images ASTER) et en utilisant des algorithmes par pixel. La différence se situant au niveau de la typologie qui a été construite en compromis entre la discrimination floristique et la discrimination spectrale et des données d'entraînement qui ont été spécifiquement obtenues dans un objectif de classification d'image. La zone d'étude couvre les départements des Bouches-du-Rhône et du Var.

La cartographie du département du Var présente une très bonne précision globale ($K = 0,977$), avec très peu de confusions entre les différentes classes. Seules quelques confusions sont observées entre la végétation clairsemée et le sol nu, et certains pixels identifiés comme végétation clairsemée (4) sont attribués à la classe roche – sol nu

Pour les Bouches-du-Rhône, l'utilisation d'arbre de classification sur les données spectrales permet d'obtenir une précision globale de classification très bonne ($K = 0,902$). Les grands types d'occupation du sol (forêt de feuillus, forêt de conifères, roche-sol, végétation clairsemée, pelouse) sont très bien classés quelque soit la méthode de classification utilisée (coefficients kappa de production et d'utilisation supérieurs à 85%). La classification par arbre permet d'obtenir une bonne précision (kappa de production et d'utilisation supérieurs à 60%) pour une typologie fine des différents types de formation arbustives (chêne kermès, chêne kermès et ciste blanc, garrigues à ciste blanc, chêne kermès et ajonc et à chêne kermès et romarin). Ces niveaux de précision typologiques étant supérieurs à la typologie EUNIS de niveau 3 qui regroupe ces différentes formations en un type unique.

Pour les Bouches-du-Rhône, une seconde classification par arbre à partir de l'image ASTER a été conduite en associant 2 facteurs importants pour les milieux méditerranéens, le temps écoulé depuis le dernier incendie et la pente (cf. Figure 31). Cette classification avec variables non-spectrales permet d'améliorer fortement la précision de classification et d'obtenir de bonnes précisions de classification

des différents types de garrigue ($K = 0,928$). Les coefficients kappa de production et de l'utilisateur sont tous supérieurs à 75%, sauf le kappa de l'utilisateur de la garrigue à chêne kermès et romarin (4) qui est de 66%. On observe peu de confusion dans cette classification, excepté pour la garrigue à chêne kermès et romarin qui est confondue dans 10% des cas avec la garrigue à chêne kermès et dans 15% des cas avec la forêt de conifère (il convient de noter que cette forêt de conifère est une pinède ouverte à Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) qui contient très souvent du chêne kermès (*Quercus coccifera* L.) en sous-étage).

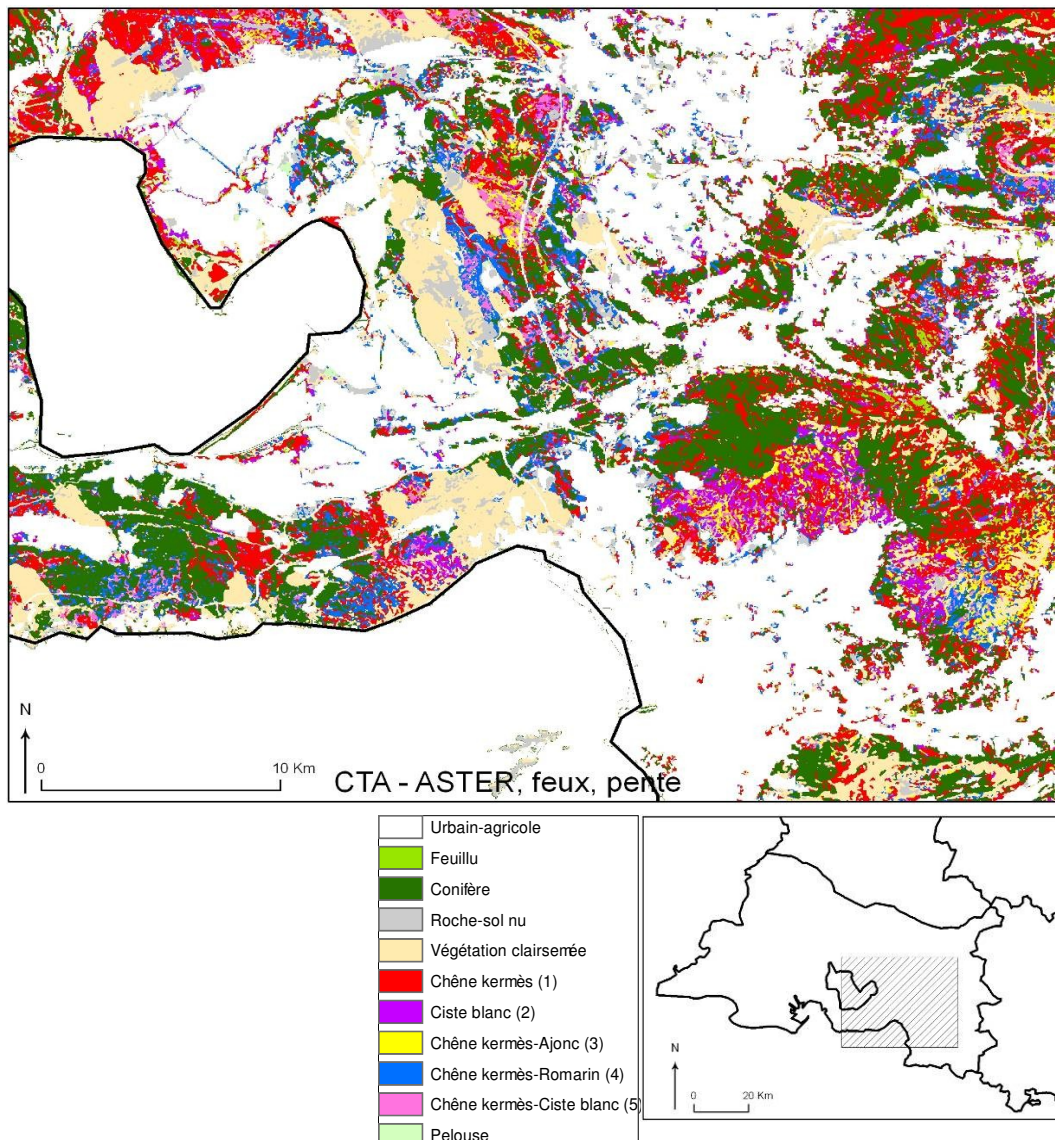


Figure 31 - Cartographie des formations végétales dans la région péri-marseillaise par arbre de classification couplant données spectrales et données environnementales ($Kappa = 0,928$).

3.2.4. Milieux herbacés de plaine et milieux humides

Les milieux herbacés de plaine et les milieux humides sont traités ensemble parce qu'ils présentent de nombreuses caractéristiques communes. Compte-tenu des circonstances et en particulier des retards importants dans la livraison de photos aériennes et d'images satellites, les tests prévus dans le cadre du présent programme pour ces milieux n'ont pu être menés à bien à ce jour.

De nombreux milieux relèvent en outre à la fois des deux catégories. C'est par exemple le cas des prairies humides, à fort enjeu de conservation. Ces milieux sont aussi soumis à une saisonnalité marquée, ce qui fait que leur détection et leur caractérisation par télédétection demandera en général une approche multidate, avec plusieurs dates dans la même saison. Les dates optimales devront être déterminées après étude des phénologies locales (des milieux en question et des autres occupations du sol), et incluront en général une image de début de printemps (avril), à une période de l'année où le fort couvert nuageux peut être un obstacle important à une acquisition d'image opérationnelle. Il conviendra enfin de prendre en compte la gestion de ces milieux par les exploitants agricoles locaux, qui modifiera l'évolution naturelle de la biomasse herbacée, et donc le comportement spectral des prairies, ce qui introduira une hétérogénéité, qui devra être prise en compte.

Ce travail pourra être entrepris dans les prochains mois, dans la continuité de la présente étude de faisabilité et proposition méthodologique.

3.2.5. Synthèse

Le tableau 11 illustre comment la télédétection permet seule d'obtenir une cartographie physiologique, dont la précision diffère selon les milieux et parfois la localisation, et comment l'utilisation de règles de classification basées sur certains paramètres écologiques permet d'obtenir une classification plus précise en associant à chaque classe physiologique une ou plusieurs alliances ou associations.

Type de milieu	Types de végétations cartographiés à partir des seules variables spectrales	Variables supplémentaires considérées	Types de végétations cartographiés à partir des variables spectrales et non-spectrales
Milieux herbacés et landes d'altitude	Par massif : une vingtaine de types physiologiques : 6 pelouses, 2 éboulis, 3 landes (<i>fruticées</i>), 2 formations mixtes : (<i>herbacé/lande/minéral</i>), 4 formations boisées (y.c. "forêts lâches pâturées")	5 variables : altitude, pente, exposition, substrat, formes topographiques	*Consolidation de certains des 20 types physiologiques (pelouse, landes, forêts, eau) *Discrimination d'une douzaine d'habitats spécifiques pour landes (<i>Callune, fougères</i>), pelouses (<i>Brachypode, Gispet</i>), éboulis (<i>sur calcaire</i>)
Milieux forestiers	3 classes : feuillus, conifères, mixte	5 variables principales : Altitude, température, pente, précipitations, bilan hydrique	9 types d'habitats forestiers (Corine Biotopes, niveau première décimale)
Milieux méditerranéens	Site Var : 5 classes générales + 14 classes arbustives		
	Site Bouches-du-Rhône : 5 classes génériques (<i>Feuillus, Conifères, Roche - sol nu, Végétation clairsemée, Pelouses</i>)	2 variables : pente et durée écoulée depuis dernier incendie	Site Bouches-du-Rhône : 5 classes génériques (<i>Feuillus, Conifères, Roche - sol nu, Végétation clairsemée, Pelouses</i>) + 5 classes arbustives(1) (<i>Chêne kermès, Ch. kermès et ajonc de Provence -, Ch. kermès et romarin -, Ch. kermès et ciste blanc -, Ciste blanc</i>)

(1) Espèces dominantes ou co-dominantes

Tableau 11 - Tableau résumé des nomenclatures obtenues, selon trois grands types de milieu, à partir d'imagerie seule et avec imagerie et variables écologiques supplémentaires.

En l'état actuel des sources de données, des outils et des connaissances, les apports possibles de la télédétection varient selon les grands types de milieux et les méthodes utilisées.

Les tests réalisés dans le cadre du présent travail ont ainsi permis de mieux cerner les potentiels et limites de la télédétection dans le cadre d'un tel programme devant porter sur l'ensemble du territoire et sur tous les types de végétations naturelles et semi-naturelles.

Il apparaît que pour certains milieux les méthodes testées peuvent être adoptées de façon opérationnelle. Pour d'autres, des phases de recherche et de mise au point sont encore nécessaires et parfois dépendantes du succès ou non des nouvelles générations de capteurs satellitaires et aéroportés attendus.

En conclusion, il apparaît que les méthodes de télédétection et les outils associés ont intérêt à être employés dans le cadre du projet de Carte de France des des végétations. Cet emploi peut cependant intervenir à différentes étapes et à des niveaux d'investissement variables dans le projet selon les options qui seront choisies. On trouvera dans la partie B du présent document un récapitulatif des différents scénarii possibles. Ainsi, les outils et méthodes utilisés dans le cadre de la télédétection pourront représenter un apport immédiat dans la méthode opérationnelle proposée en partie C du présent document, tant pour des aspects de remobilisation de données cartographiques existantes mais non vectorisées pour l'heure que de préparation des « fonds de cartes » à venir.

B – CONSIDÉRATIONS ET CHOIX MÉTHODOLOGIQUES

1. Considérations générales

Tout comme l'occupation du sol, suivie notamment par le programme européen CORINE Land Cover ou par Terruti – Lucas en France, le couvert végétal fait l'objet de changements dans le temps. Or, depuis la Carte de la végétation de la France du CNRS, dont la couverture nationale a été achevée en 1990 suite à 40 ans de travaux, avec l'assemblage complet des 64 feuilles au 1/200 000, aucune cartographie de la végétation de la France n'a été entreprise à l'échelle nationale. Malgré la connaissance accumulée sur la végétation de la France depuis cette date et les progrès techniques (voir Bilan des connaissances et expériences en partie A), cartographier la végétation du territoire national présente encore de nombreuses difficultés qui donnent à ce projet un caractère largement novateur et expérimental par certains aspects. En effet, de nombreuses données manquent ou couvrent imparfaitement le territoire national. Les outils et démarches de coordinations dans un contexte hétérogène et multiacteurs et des contraintes de délais importantes restent aussi à faire émerger.

Le concept de 'séries de végétations' utilisé pour la cartographie de la végétation de la France du CNRS par le passé a permis dans une certaine mesure de s'affranchir des évolutions de l'occupation du sol puisque chaque stade dynamique de la végétation en relation l'un avec le suivant fait partie de la même série. Théoriquement, un changement de la structure de végétation d'une série donnée pourrait donc être interprété à partir des données de la carte de la végétation de la France du CNRS. Cependant, les aménagements réalisés sur le territoire et le développement de l'agriculture industrielle au sortir de la seconde guerre mondiale ont profondément modifié les paysages français en de nombreux points et les potentialités mêmes de la végétation naturelle et semi-naturelle. Au-delà des changements de l'occupation du sol, l'évolution des concepts phytosociologiques eux-mêmes et des connaissances sur les végétations justifient aujourd'hui largement un nouveau projet de cartographie nationale. On notera par ailleurs que la période pendant laquelle s'étend la réalisation de la carte de la végétation de la France, c'est-à-dire 43 ans, rend la carte inutilisable pour une exploitation statistique directe à une échelle nationale, même si elle constitue un état zéro observé irremplaçable.

Une nouvelle carte, réalisée sur un pas de temps bien plus court permettra une avancée notable de la connaissance des végétations du territoire français et répondra aux demandes nouvelles mais de plus en plus prégnantes d'une information de qualité et synthétique à l'échelle du territoire national. De nombreuses difficultés restent à prendre en considération : la disparité et l'hétérogénéité de la connaissance des communautés végétales en France (et notamment concernant la cartographie des végétations), le manque d'information et d'outils de base (référentiel national des végétations de France à l'échelle de l'association végétale par exemple), la surface du territoire national, la position phytogéographique de la France, au carrefour de quatre domaines biogéographiques, et les disparités dans la mise au point de méthodes et outils pour l'ensemble du territoire et les différents types de milieux font en effet de ce projet un réel défi scientifique et opérationnel.

2. Options et choix méthodologiques

2.1. Principes généraux des différentes méthodes possibles de cartographie

Les méthodes de cartographie de la végétation se basent sur des procédés et des outils très différents dans le processus d'analyse du tapis végétal en place et les technologies mises en œuvre. Il en résulte des cartes dont les concepts et fondements impliquent des avantages et des limites d'utilisation propres à chacun d'eux.

2.1.1. *Processus cartographique*

Sur le plan du processus cartographique, deux méthodes, combinables en partie, existent :

- 1) prospection sur le terrain, où la végétation est analysée par observation directe et rattachée à un type connu, déduit notamment de l'observation de la flore en présence, et
- 2) déduction de la nature du tapis végétal par télédétection avec extrapolation d'images aériennes ou satellites à partir d'échantillons connus de la couverture végétale du territoire. Ce processus d'interprétation peut reposer :
 - 2a) sur de l'interprétation visuelle d'un observateur « expert » qui analyse une photographie aérienne, ou
 - 2b) sur un traitement (semi-)automatique d'images et données environnementales.

Dans les deux premiers cas (1 et 2a), le processus cartographique est très long. La fiabilité de la carte dépend surtout des compétences du ou des observateurs de terrain et/ou photo-interprètes. Dans le troisième, la fiabilité de la carte repose sur la robustesse de l'échantillon, le choix des traitements et algorithmes retenus et de l'interprétation qui est faite des résultats. La phase d'élaboration méthodologique et d'ajustement des modèles représente la majeure partie du travail de cartographie. Cette phase peut comprendre un temps de terrain destiné à collecter de l'information fiable pour l'échantillon qui servira de base à la modélisation.

Bien qu'il soit possible d'établir une carte de végétations « ex nihilo » directement sur un « calque vierge » (papier ou numérique) et un support de type photographie aérienne, cette méthode présente d'importants inconvénients, notamment pour un projet d'ampleur nationale : le temps de terrain est considérablement allongé car il s'agit à la fois de diagnostiquer la nature de la végétation et de dessiner le contour du polygone qu'elle occupe sur un fond de carte. En outre, cette méthode suppose de disposer au moins d'une typologie robuste et complète au risque sinon de multiplier les catégories de végétations cartographiées et de devoir compléter la typologie au fur et à mesure de la progression cartographique. Bien que, par exemple, les unités de végétations à l'échelle de l'alliance ou de la sous-alliance phytosociologique soient connues pour la France, leur agencement sur le terrain varie substantiellement sur l'ensemble du territoire. Il en résulterait une grande hétérogénéité de la représentation cartographique des unités de végétations et une perte de lisibilité. Une autre approche

consiste à délimiter préalablement au renseignement de la carte à proprement parler des polygones ('fond blanc' ou précarte) sur des bases physionomiques de la végétation, pour les rattacher ensuite à un (ou plusieurs) types de végétations, selon une classification préétablie.

Quelle que soit la méthode cartographique retenue, dans le cadre de cartographies de grande ampleur, le travail, qu'il soit de terrain ou de télédétection, implique toujours une interprétation et une simplification de la réalité.

2.1.2. Cartographie par modélisation

Pour la réalisation d'une cartographie d'ampleur nationale, afin de réduire le temps de réalisation, le recours à de la modélisation est parfois envisagé. Un modèle est alors établi sur la base d'un échantillonnage de données de végétations fiables (observées directement et documentées). Une fois les résultats du modèle connus, dans un certain nombre de cas, la probabilité d'appartenance d'une unité de végétation à un seul type de végétation est très élevée et l'on considère alors que la modélisation est fiable. Dans d'autres cas, on peut hésiter entre deux ou plusieurs types de végétations. Une phase de photo-interprétation peut alors permettre de traiter une partie des unités cartographiques pour chercher à en discriminer la nature. Les polygones restants et ceux pour lesquels la modélisation ne permet pas une prédiction fiable doivent alors faire l'objet d'une interprétation de terrain.

2.1.2.1. Constitution de l'échantillonnage

La difficulté consiste à obtenir suffisamment d'informations de « vérité terrain » fiables à l'échelle nationale. En effet, plus l'information de base est abondante et précise, plus la modélisation est pertinente, moins le nombre de polygones difficiles à interpréter est grand. Le jeu de données peut provenir de cartes de végétations ou de données de végétations géolocalisées et devra être représentatif des différentes régions et milieux naturels. Les informations floristiques disponibles dans les bases de données nationales peuvent probablement, moyennant certaines précautions (des tests de fiabilités devront être mis en place pour évaluer la pertinence de l'information), être utilisées à cette étape. Cela nécessite toutefois de définir la liste des espèces ou des combinaisons d'espèces caractéristiques pour chaque unité de végétation cartographique. Sur les secteurs ou les types de végétations sont peu renseignés, de nouvelles cartes et échantillons sont nécessaires.

2.1.2.2. Avantages et inconvénients de la modélisation par traitement d'images

La modélisation présente l'avantage de minimiser le travail de terrain en établissant une prédiction mesurable, ce qui permet de prévoir des mises à jours plus faciles et moins onéreuses par la suite. Elle présente les inconvénients suivants :

- la méthode de cartographie par système (semi-)automatique est considérée comme relativement performante pour les végétations forestières et les végétations pastorales d'altitude dans la mesure où de nombreux travaux de ce type ont été réalisés. En revanche, les végétations méditerranéennes, les végétations pastorales de plaine et les zones humides présentent encore de nombreuses difficultés de modélisation (voir A-3) ;

- la nature des polygones est affectée de manière statistique et non par observation directe. La qualité de l'interprétation est donc étroitement dépendante du degré de fiabilité que l'on considère comme acceptable. Ce point est important si la carte doit être utilisée dans des programmes comportant un volet réglementaire ;
- il n'est pas possible de concevoir un modèle unique pour tous les types de végétations et à l'échelle du territoire entier. Un déploiement régional et thématique est donc nécessaire, ce qui demande une importante coordination et une harmonisation *in fine* de la carte pour l'ajustement des raccords entre couches d'informations ;
- la différence des couches d'informations utilisées entre les régions et la nature de la végétation entraînera vraisemblablement une hétérogénéité dans le degré de fiabilité des prévisions des différents modèles. Il sera donc nécessaire, pour obtenir une carte homogène de ce point de vue, de faire porter les efforts de terrain sur les secteurs les moins bien connus ;
- la nature expérimentale de la méthode ne permet pas de prévoir finement les difficultés qui seront rencontrées et donc le temps de réalisation nécessaire. À ce jour, il reste difficile de prévoir le temps de réalisation ainsi que le coût que représente la mise en œuvre de cette méthode.

2.2. Pas de temps et étendue de réalisation de la carte

Afin d'être un support solide au suivi du patrimoine naturel et du territoire, une nouvelle carte des communautés végétales de la France impose des temps de réalisation relativement courts si l'objectif est d'obtenir une photographie la plus instantanée possible de la végétation de l'ensemble du territoire national. Les processus dynamiques endogènes de la végétation (ourlification, embroussaillement, reforestation...) peuvent être plus ou moins rapides suivant les régions, les pratiques, l'altitude ou les climats notamment, mais sont globalement décelables à des pas de temps de 5 à 10 ans.

Les processus de changement d'occupation du sol sont pour leur part très rapides lorsqu'ils sont d'origine anthropique. De même, les processus d'eutrophisation liés aux modalités d'exploitation agricole des systèmes pastoraux ou aux pollutions diffuses dans le cas des cours d'eau par exemple, sont rapides et la nature de la végétation peut être transformée radicalement suite à l'eutrophisation artificielle en seulement quelques années. Il existe même des phénomènes d'envahissements (de plantes exotiques ou indigènes), avec des effets de seuils et de bascules, qui peuvent se produire en très peu d'années et même sur une ou deux années dans le cas de milieux très ouverts ou d'eaux libres notamment. Il importe donc de prendre en compte les pas de temps en jeu dans ces processus qui constituent l'une des causes principales de l'érosion de la biodiversité des systèmes agricoles et de la banalisation des paysages naturels et semi-naturels.

Si l'on s'en tient aux indicateurs de Teruti-Lucas (cf. Tableau 12), la surface de milieux naturels et semi-naturels à cartographier en France est d'environ 31 279 000 hectare, soit 57% de la surface nationale métropolitaine. Afin de donner un ordre d'idée de ce que cela représente, les cartes IGN au 1/25 000 sont au nombre de 4 000 pour la France métropolitaine. Le travail de cartographie des habitats représente donc l'équivalent d'environ 2 280 feuilles au 1/25 000 à traiter, pour les seules végétations naturelles et semi-naturelles.

Occupation physique du territoire	en milliers d'hectares		
	1990	2000	2008
Sols bâtis	858	825	814
Sols revêtus ou stabilisés	1 440	1 684	2 282
Autres sols artificialisés	1 077	1 577	1 663
Sols cultivés	22 866	19 268	18 760
Sols boisés*	15 554	16 833	17 006
Landes, friches, maquis, garrigues*	2 603	2 320	2 901
Surfaces toujours en herbe*	8 552	10 462	9 584
Sols nus naturels*	895	849	967
Zones sous les eaux*	934	976	821
Zones interdites(**)	140	125	122
Total	54 919	54 919	54 919
<i>dont surfaces artificialisées (en %)</i>	<i>6,1</i>	<i>7,4</i>	<i>8,7</i>

Tableau 12 – Statistiques sur l'occupation des sols en France, dont proportion du territoire couverte par des végétations naturelles et semi-naturelles

Source : Service de la Statistique et de la Prospective (SSP), enquêtes Teruti-Lucas. Champ : France métropolitaine.

N.B. : les postes notés * sont ceux susceptibles d'être cartographiés directement ici, soit une surface de 31 279 000 hectares. La cartographie des zones interdites (**) serait d'un réel intérêt, les camps militaires notamment présentant généralement des végétations peu altérées par l'agriculture et d'un grand intérêt patrimonial, parfois dans des secteurs où seuls ces espaces conservent encore des milieux naturels et semi-naturels (cas de la Champagne, par exemple).

Dans l'idéal, la carte des communautés végétales de la France devra être réalisée sur un **pas de temps de l'ordre de 5 à 7 ans**. Ce pas de temps aura l'avantage d'être cohérent avec celui du rapportage de l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire (rapport à réaliser tous les 6 ans par les États membres). Réaliser la cartographie d'environ 57% du territoire métropolitain en un temps compris entre 5 et 7 ans représente un travail considérable. Il est donc clair qu'un tel travail ne peut pas s'entendre uniquement sur la base de seules campagnes de terrain et qu'une automatisation, de certaines parties du travail, doit être envisagée.

2.3. Typologie

De manière à étayer le choix de la typologie pour ce travail de cartographie, il est intéressant de présenter les avantages/inconvénients de chaque typologie dans ce contexte (Tableau 13).

Typologie	Avantages	Inconvénients
Classification phytosociologique sigmatiste	<ul style="list-style-type: none"> - Typologie étayée par une démarche purement scientifique de description et d'analyse, appuyée par des publications scientifiques et des descriptions des types de référence, sous la forme de tableaux phytosociologiques. - Aborde tous les types de végétations et les traite selon une méthodologie précise assurant un traitement homogène de chaque unité. - Pas de redondance entre codes et cohérence dans la codification (ex. : les alliances correspondent toutes à un même niveau dans la typologie). - Permet d'aborder les végétations jusqu'à un niveau très fin. - Typologie à laquelle les autres typologies font souvent référence ou sur laquelle elles s'appuient au moins en partie. - Disponibilité d'un référentiel récent (prodrome : Bardat <i>et al.</i>, 2004) pour les unités supérieures. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de référentiel national au niveau association (démarche de déclinaison en cours mais loin d'être aboutie). - Prodrome peu détaillé pour une utilisation opérationnelle sur le terrain (diagnoses très courtes, pas de mention d'espèces caractéristiques). - Typologie complexe à manier et nécessitant un accès à de la bibliographie spécialisée pas toujours facile d'accès. - Typologie ne prenant pas en compte les habitats non végétalisés.
Corine Biotopes	<ul style="list-style-type: none"> - Aborde (en principe) tous les types d'habitats. - Typologie largement utilisée, disponibilité d'une version en français facilement accessible. - Facilité (apparente) d'appropriation et d'utilisation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Typologie n'ayant pas fait l'objet de nouvelles versions depuis 1991, n'ayant ainsi pas pu bénéficier de l'amélioration des connaissances. - Certains types d'habitats sont très peu détaillés : par exemple, la plupart des habitats de végétations herbacées anthropogènes comme les friches sont limitées à 2 codes (non déclinés à des

		<p>niveaux inférieurs) et dépourvus de descriptifs : 87.1 « Terrains en friche » et 87.2 « Zones rudérales » alors que cela correspond à de nombreuses alliances phytosociologiques. Absence de certains types d'habitats (végétations d'ourlets acidiphiles par exemple).</p> <p>- Traitement hiérarchique des unités pouvant être hétérogène : à un niveau Corine Biotopes donné, peuvent correspondre différents niveaux de communautés végétales (ordre, alliance, voire même association).</p> <p>- Structuration de la typologie mélangeant des approches phytosociologiques, physiologiques et géographiques, pouvant conduire à des difficultés dans le choix des codes à utiliser. Dans ce cadre certaines végétations sont traitées plusieurs fois dans la typologie, sous des codes différents.</p>
Natura 2000	<p>- Nomenclature largement utilisée.</p> <p>- Documents d'interprétation facilement accessibles (manuel d'interprétation, Cahiers d'habitats).</p>	<p>- Nomenclature non exhaustive, limitée aux habitats d'intérêt communautaire cités en annexe I de la directive « Habitats », c'est-à-dire à certains types d'habitats considérés comme rares, menacés ou représentatifs à l'échelle de l'Union européenne.</p> <p>- Fortes disparités entre les unités d'un même niveau, un habitat pouvant correspondre à une association, un autre à plusieurs ordres phytosociologiques.</p> <p>- Difficulté d'interprétation pour un certain nombre d'habitats.</p> <p>- Recoupement entre certains habitats posant des problèmes dans le choix des codes à utiliser sur le terrain.</p>

Tableau 13- Avantages/inconvénients des typologies de végétation ou d'habitats dans une optique cartographique

Afin de répondre aux objectifs de reproductibilité de la carte, d'emboîtement d'échelles de réalisation différentes (plus fines à l'échelle des sites naturels, ou au contraire, plus englobante, à l'échelle nationale par exemple), il est indispensable d'avoir recours à une typologie des végétations qui soit

hiérarchisée et emboîtée. Par ailleurs ce travail portant sur l'ensemble des communautés végétales de France, la typologie utilisée se doit d'être exhaustive.

Compte tenu de ces éléments, il apparaît que la **nomenclature Natura 2000** ne peut être le support à une cartographie des végétations de France dans la mesure où elle ne traite pas de tous les types de végétations.

Malgré ses atouts, la **typologie Corine Biotopes** présente le défaut d'une structure parfois hétérogène, mêlant différents types d'approche (phytosociologique, floristique, physionomique, géographique) et traite de manière trop succincte de nombreux types de végétations, notamment à caractère anthropique. Par ailleurs, elle pâtit de l'absence de nouvelles versions depuis 1991.

La **typologie phytosociologique sigmatiste** présente l'avantage d'être à la base de la plupart des typologies de végétations, de pouvoir être souvent plus facilement mise en correspondance avec une autre typologie que l'inverse, et d'être largement utilisée pour la cartographie des végétations (également chez plusieurs de nos voisins européens). De plus elle traite de manière homogène tous les types de végétations et propose une bonne cohérence dans sa structure hiérarchique. La mise à disposition d'outils pratiques pour le terrain (guides et clés de détermination, référentiels régionaux...) constitue cependant une nécessité préalable.

À la lumière des expériences de terrain, des réalisations cartographiques passées et des éléments rappelés plus haut, nous proposons d'utiliser la **typologie phytosociologique sigmatiste** comme base pour la définition des unités de végétations cartographiables. En l'absence de référentiel national complet au niveau association et dans un souci de simplification de la restitution, ce travail de cartographie pourra s'appuyer sur les niveaux alliances et sous-alliances du Prodrome des végétations de France - PVF (respectivement 371 et 116 unités). Au demeurant, dans la mesure du possible, il pourra être intéressant et utile de réaliser les inventaires et de collecter les données au niveau de l'association végétale. Les modifications éventuellement apportées au prodrome dans le cadre de sa déclinaison (et de travaux ultérieurs l'amendant) devront être prises en compte tout au long du travail de cartographie, et conduire à l'établissement de tables de correspondance.

2.4. Échelles de réalisation et de restitution

2.4.1. *Échelle de constitution de la carte et représentation des végétations*

Le choix de l'échelle de constitution de la Carte de France des végétations dépend beaucoup de l'utilisation prévue de cette carte. On trouvera dans le Tableau 14 un résumé des principales échelles utilisées en cartographie des végétations et de leurs utilisations possibles pour des thématiques environnementales ainsi que quelques exemples de ce que l'échelle permet de représenter.

Les échelles les plus fines sont adaptées à un travail « sitologique » qui permet de représenter beaucoup de détails de la végétation en place. On pourra ainsi utiliser des typologies très précises pour représenter le tapis végétal (associations végétales mais aussi ses variations, la présence de colonies denses de certaines plantes sociables...). À travers celui-ci, l'information phyto-écologique est importante pour qui connaît les traits écologiques des végétations figurées. La difficulté dans ce type de carte relève d'abord de la représentation d'une vision suffisamment synthétique et informative pour ne pas être noyé par les variations physiognomiques importantes que peut présenter un même type de végétation.

Aux échelles plus fines que le 1/10 000, il est généralement possible de rattacher chaque polygone à une unité de végétation homogène. Ce point facilite grandement la gestion de l'information dans les tables attributaires et dans la représentation cartographique. Il permet de calculer facilement la surface de chaque type de végétation sur une carte. Dans le cas d'agrégations de cartes ou de passage à des échelles moins fines, il est possible de généraliser l'information sans perte. Évidemment, ces cartes sont chronophages dans leur mise en œuvre et sont de ce fait généralement réservées à des territoires d'exception où la végétation revêt un fort intérêt patrimonial.

À partir du 1/25 000, et parfois dès le 1/10 000, de nombreuses unités de végétations deviennent problématiques pour leur représentation. Elles peuvent en effet occuper des surfaces négligeables comme c'est le cas de nombreuses végétations de milieux oligotrophes ou liées à des conditions très particulières de biotope. Elles peuvent aussi couvrir des surfaces importantes mais sous forme imbriquée avec d'autres unités comme c'est le cas des tonsures ou des dalles calcaires au sein d'une pelouse calcicole. Cette imbrication ne permet pas de les représenter de façon individuelle à ces échelles. Or, il s'agit souvent, dans les deux cas, de végétations d'intérêt patrimonial important et abritant souvent des cortèges de faune et de flore nécessitant des mesures de conservation. Le recours à des complexes ou des mosaïques d'unités de végétations pour leur représentation induit la création d'unités de végétations composites. Le danger est alors de multiplier le nombre de ces unités, les combinaisons possibles étant innombrables. D'autre part, la perte d'information peut être importante et représenter un frein à certains types d'utilisation (par exemple pour obtenir la surface de chaque unité simple de végétation). Néanmoins, de nombreuses unités de végétations (associations végétales ou alliances), restent distinguables. Il s'agit de végétations ayant un rôle paysager important (types forestiers, certains types de prairies...). La carte permet aussi d'appréhender rapidement les complexes écologiques et paysagers (végétations des vallées/versants, zones humides...) ce que ne permettent pas les cartes à échelles plus fines.

A des échelles plus larges que le 1/50 000 (1/100 000, 1/200 000 et au delà), les cartes ne permettent plus de représenter que les unités de végétations les plus étendues, avec, la plupart du temps, une perte importante de l'information écologique portée par la végétation du fait de la nécessité d'emploi de typologies plus simples ou de niveau hiérarchique supérieur (en phytosociologie, alliances voire classes de végétations). La typologie des unités de végétations devient plus physiognomique ou biotopique que floristique et se rapproche de celles utilisées pour l'occupation du sol, qui ne sont plus à proprement parler des typologies de végétations, ou informe sur les grandes formations végétales (forêts avec les essences principales, prairies « génériques », tourbières et marais...). De ce fait, les cartes deviennent surtout utiles pour décrire et localiser les grands types de paysages et les enjeux qui y sont liés, les principaux complexes écologiques (biodiversité β et γ ...). Elles peuvent servir à de grands schémas d'aménagement du territoire de l'échelle régionale à nationale dans un cadre de préfiguration de projet, mais sans information directe sur la composition de la biodiversité α .

Échelle	Nature des unités végétales représentées	Exemples d'unités végétales représentables dans la plupart des cas	Exemples d'unités végétales non représentables dans la plupart des cas	Principales utilisations de la carte
1/1000 à 1/2500	Associations végétales et variantes, y compris ponctuelles et linéaires Faciès de végétation (dominance d'une espèce dans le paysage), peuplements monospécifiques (nucléations...)	Toutes les unités phytosociologiques phanérogamiques Végétations des parois figurables en linéaires étroits Peuplements d'espèces invasives Végétaux à grand développement (arbres remarquables...)	Communautés bryo-lichéniques épiphytiques Communautés bryo-lichéniques peu étendues <i>Hymenophyllum tunbrigense</i> dans certaines situations	Suivis scientifiques de la végétation en lien avec des processus endogènes ou avec les modalités de gestion Rapportage Docobs
1/5 000 à 1/10 000	Associations végétales homogènes, faciès étendus, complexes d'associations étendus spatialement et leurs satellites en lien dynamique	La plupart des associations végétales exceptées certaines ceintures aquatiques et végétations fugaces et celles des parois Complexes d'associations en lien dynamique (pelouses-ourlet, mosaïques d'habitats (végétations pionnières hygrophiles de petites dépressions parmi des végétations de prairie ou lande plus étendues) Végétations forestières rivulaires (<i>Alnion glutinosae</i> , <i>Alnion incanae</i> en lien avec de petits cours d'eau)	Végétations amphibies à Cicendie (<i>Cicendion filiformis</i>), herbiers flottants à Renoncules aquatiques et Callitriches (<i>Ranunculum aquatilis</i>), végétations amphibies méditerranéennes à Isoètes (<i>Isoetion</i>), végétation des suintements sur calcaires (<i>Adiantum capilli-veneris</i>), végétations des parois rocheuses (<i>Asplenium trichomanis</i>)	Plan de gestion de sites naturels protégés Études d'impact ou d'incidence Bioévaluation sitologique (localisation et hiérarchisation de l'intérêt écologique à l'intérieur d'un site...) Caractérisation d'habitats d'espèces Études paysagères locales Rapportage Docobs
1/25 000 à 1/50 000	Associations et alliances (et sous-alliances) principales (associations spatialement étendues : groupements forestiers, certains groupements herbacés, prés salés, différents types de lande...) Complexes de végétation et mosaïques paysagères (groupes d'associations ou d'alliances en lien dynamique ou topographique) Formations végétales	Alliances forestières spatialement étendues (<i>Carpinion betuli</i> , <i>Quercion ilicis</i> ...), végétations prairiales étendues (<i>Colchico - Arrhenatherion</i> , <i>Molinion caeruleae</i> , <i>Bromion racemosi</i> ...) Complexes des pelouses calcicoles : dalles, pelouses, ourlets (<i>Alyso-Sedion/Meso</i> ou <i>Xerobromion/Trifolio-Geranietae</i>) ; complexes de landes <i>Calluno-Ulicetea/Scheuchzerio-Caricetea/Violion caninae/Cytiseteta scopario striati</i> ...)	Végétations des laisses de mer (<i>Cakiletea</i>), Oenanthion aquatica, groupements de charophytes (<i>Charetea</i>), végétations submergées des eaux courantes (<i>Batrachion fluitantis</i>), mégaphorbiaies (<i>Filipendulo-Convolvuletea</i>), lisières humides (<i>Impatiens-Stachyion</i>), végétations annuelles et vivaces des bords de plans d'eau (<i>Isoeto-Juncetea</i> , <i>Littorelletea</i>), groupements de lentilles d'eau (<i>Lemnetea</i>), ourlets sur sols acides (<i>Melampyro-Holcetea</i>), groupements de sources (<i>Montio-Cardaminetea</i>), combes à neige (<i>Salicetea herbaceae</i>)	Rapportages Docobs de grands sites (sites pour l'avifaune ou les chauve-souris...) Schémas écologiques communaux ou intercommunaux Intégration d'éléments de décisions environnementaux dans les SDAU et SCOT Définition des Trames vertes au niveau régional Bioévaluation territoriale (localisation et hiérarchisation des sites naturels à enjeux patrimoniaux à l'échelle nationale/régionale) Définition d'enveloppes écologiques fonctionnelles du paysage (écologie du paysage)
1/100 000 à 1/200 000	Séries de végétation Principales classes d'associations végétales et grandes formations végétales (types forestiers, structure de la végétation : herbages, roselières...)	<i>Quercio-Fagetea</i> , <i>Quercetea ilicis</i> Grands complexes de végétation associés aux structures géomorphologiques (typologie de type : végétation calcicole des coteaux, végétation paludicole) Séries de végétation (principales végétations forestières potentielles et leurs stades dynamiques) Principales structures de végétation (prairies, landes, forêts, alpages...)	La plupart des alliances de végétations pastorales à l'exception des plus répandues, beaucoup d'alliances forestières liées à des caractéristiques biotiques particulières (forêts de ravins, des bords de cours d'eau...), tourbières acides (<i>Oxycocco-Sphagneteta</i>) dans les régions planitiaires à collinéennes...	Schémas généraux d'aménagement du territoire (Directives territoriales d'aménagement, études de fuseaux de tracés d'infrastructures Grands corridors écologiques nationaux ou interrégionaux Définition d'enveloppes biogéographiques (domaines et districts phytogéographiques)
Au delà du	Grandes formations végétales	Essences dominantes (chênaies, hêtraies, forêts de conifères...)	Nature précise des groupements végétaux	Grands indicateurs d'état de l'environnement

1/200 000	Biomes	Typologies de type occupation du sol pour les végétations herbacées	(principales informations écologiques perdues telles que relation au sol, à l'hydrologie...)	Corridors internationaux (zones humides d'importance majeure pour l'avifaune, connexions grands mammifères carnivores...)
-----------	--------	---	--	---

Tableau 14 - Exemples de représentations et utilisations possibles de cartes de végétations selon l'échelle

Compte tenu des utilisations souhaitées de la Carte de France des végétations, les échelles adaptées d'observation et de levés se situent donc entre le 1/25 000 et le 1/50 000. Une telle échelle entraîne cependant des contraintes techniques majeures qu'il ne faut pas sous-estimer :

- la représentation de la plus petite unité conseillée par le cahier des charges Natura 2000 (Clair et al. 2005) sur une carte au 1/50 000 est de l'ordre d'un quadrilatère de 250 m de côté (un polygone doit avoir un minimum de 5 mm de côté pour être visible facilement sur une carte imprimée), soit une superficie d'un peu plus de 6 ha (environ 1,5 ha pour du 1/25 000). La carte des habitats naturels de Catalogne au 1 / 50 000 a elle des unités minimales de 2,25ha. Or, quoi qu'il en soit, de nombreuses communautés végétales, en particulier pour les végétations herbacées, les plus nombreuses et dont beaucoup présentent un intérêt patrimonial élevé, occupent des superficies souvent beaucoup plus modestes. Certaines communautés végétales présentent en outre une occupation au sol difficile voire quasi impossible à cartographier directement à cette échelle (éléments linéaires, ponctuels, mosaïqués, végétations des parois...). Il conviendra donc, pour la cartographie surfacique, de retenir des unités cartographiques correspondant à des unités, des complexes d'unités ou des mosaïques d'unités phytosociologiques sélectionnées en fonction des surfaces qu'elles représentent sur le terrain ;
- la surface à cartographier et le nombre des polygones qui seront représentés et gérés dans les tables attributaires vont générer un volume d'informations numériques conséquent pour lequel les moyens techniques devront être adaptés et des solutions techniques mises en place pour permettre une utilisation sur du matériel bureautique courant et/ou nomade (fractionnement des couches et des tables par dalles cartographiques par exemple) ;
- réaliser une carte de France suppose d'utiliser des couches d'information les plus homogènes possibles pour l'ensemble du territoire français. Or, peu de couches de données environnementales existent à cette échelle pour la France entière qui aient été constituées sur un laps de temps suffisamment court. Ainsi, si l'on considère les photos aériennes, il est courant qu'un délai de plusieurs mois ou années soit nécessaire pour obtenir une couverture satisfaisante et dépourvue de nuages pour l'ensemble de la France. Si pour certains paramètres peu variables, ceci ne présente pas d'inconvénient, il n'en est pas de même avec la végétation, dont la physionomie varie dans le temps au cours des saisons et d'année en année, induisant des réponses d'images en conséquence.

2.4.2. Généralisation des cartes à grande échelle et représentation des unités complexes

L'agrégation des cartes réalisées à l'origine à une échelle plus grande pose le problème de la généralisation des informations. Les cartes sitologiques réalisées fréquemment à des échelles comprises entre le 1/2 500 et le 1/10 000 permettent de visualiser des polygones de petite dimension qui gêneront la lecture de la carte à une échelle plus petite. Lors du changement d'échelle, une synthèse des polygones est rendue nécessaire. Cette synthèse peut se faire par simplification et/ou perte de l'information (on supprime toutes les unités cartographiques et les données attributaires des polygones inférieurs à une taille définie) ou par agrégation. Dans ce cas, l'information d'un polygone est intégrée à celle du polygone auquel il est rattaché. Les unités de végétations agrégées peuvent alors soit relever de la même unité typologique de rang supérieur (deux alliances végétales d'une même classe par exemple) soit relever de deux unités différentes (deux alliances de deux classes distinctes).

L'information collectée pour renseigner les polygones pré détourés de la précarte ou 'fond blanc' pourront de la même façon comprendre une végétation homogène correspondant à une seule unité (un seul type de végétation rattachable à une seule alliance...), deux ou plusieurs types de végétations relevant d'unités supérieures identiques (deux alliances d'une même classe), ou encore plusieurs types de végétations relevant d'unités de classification supérieure (cf. Figure 32).

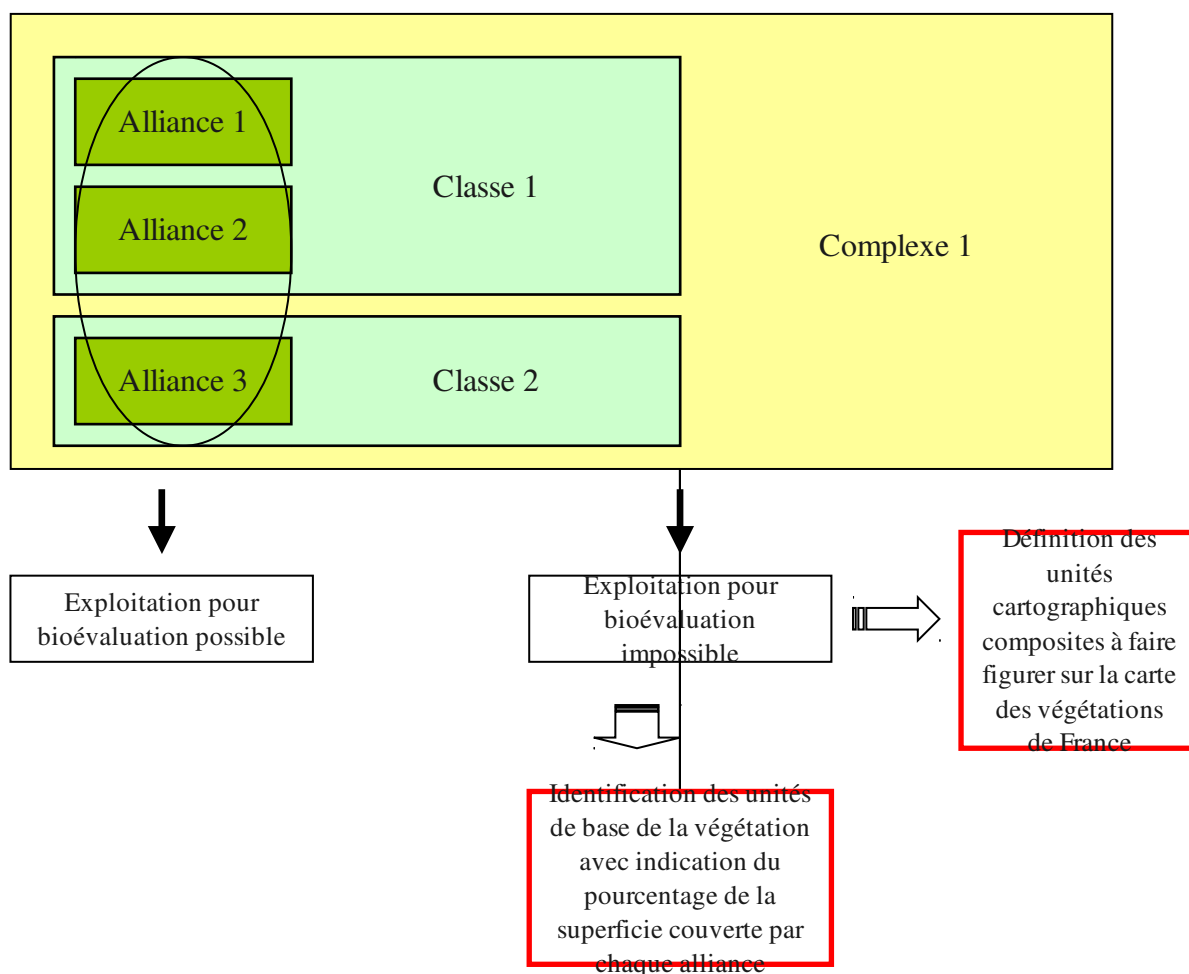


Figure 32 - Emboîtements typologiques et implication pour la généralisation cartographique à des échelles plus vastes

Concernant les échelles, **une échelle de réalisation autour du 1/25 000 et une échelle de restitution au 1/50 000** représentent un bon équilibre entre l'exigence de précision qu'impliquent les différentes applications de la carte et le fait de pouvoir réaliser une telle carte en un temps relativement court au regard des expériences passées.

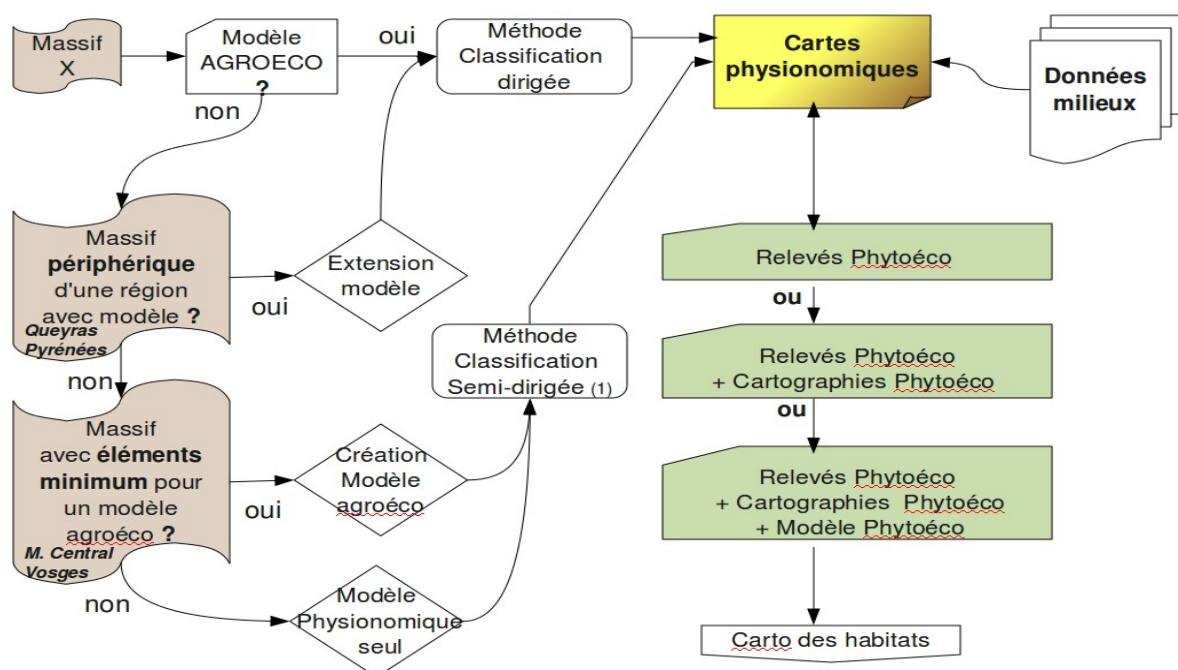
Les focus à des échelles plus fines pouvant aller du 1/1 000 au 1/ 10 000 pour des sites et/ou végétations à enjeux pourront en outre préciser la cartographie principale qui couvrira l'ensemble du territoire.

3. Sur les apports possibles de la télédétection

3.1. Milieux herbacés et landes d'altitude

Dans les quatre massifs traités (Alpes du nord, Écrins/Oisans, Pyrénées centrales et occidentales, Mercantour, voir partie A-3 du présent document), les typologies et cartes physionomiques réalisées par le Cemagref présentent une homogénéité de méthode et de résultats satisfaisante pour servir de socle descriptif et cartographique des habitats dominants des étages subalpin et alpin, voire montagnard dans certaines conditions.

Pour transposer, étendre ou pour compléter la méthode sur des massifs (ou partie de massifs) non encore cartographiés, nous proposons un mixage de la méthodologie en fonction des connaissances a priori disponibles (Figure 33). Cette présentation schématique devrait pouvoir faire l'objet d'un approfondissement tenant compte des spécificités de chaque zone à cartographier.



(1) 255 classes générées automatiquement, puis agrégées en une vingtaine de classes interactivement via un référentiel de terrain disponible

Figure 33 - Mixage des méthodes pour la cartographie des milieux herbacés et milieux associés d'altitude. (Réalisation Jean Bernard-Brunet – Cemagref Grenoble)

Lors de l'application des méthodes, des points forts sont à rechercher pour les références descriptives et cartographiques des végétations. En première conclusion, on peut dire que parmi les éléments descriptifs, potentiellement contenus dans les références cartographiques existantes, les plus pertinents pour l'application de la méthode proposée sont les suivants :

- Le caractère « physionomique » des faciès cartographiés, exprimé si possible quantitativement : taux de recouvrement, strates, arrangement spatial...
- Les traits phytoécologiques (plus encore que phytosociologiques) : ce sont les plus à même de correspondre à des gradients, donc à une expression quantitative (et pas seulement qualitative). Et privilégier les traits phytoécologiques les plus dépendants des conditions de milieux. En zone de relief, privilégier les critères topographiques (pente, exposition, modelé) et altitude.
- L'existence de modèles phytoécologiques disponibles par petite région, sous-massif, voire par massif, serait un plus conférant un caractère de généralité locale aux correspondances que l'on pourra établir entre types physionomiques et types phytoécologiques.

Pour compléter les séquences méthodologiques proposées, les développements suivants sont souhaitables :

- Correspondances Types physionomiques <==> Types phytoécologiques
Tester l'apport potentiel complémentaire des Relevés phytoécologiques existant chez les différents producteurs (CBN...), par rapport à l'apport des cartes phytoécologiques (i.e. échantillonnages vs cartes)
- Échelle et taille pixel
Analyser les avantages/inconvénients des données à résolution spatiale plus fine pour la précision thématique et pour la précision spatiale.
 1. Tester les scènes satellitaires à pixel de 10*10 m (SPOT-5). Une meilleure discrimination des formes topographiques est attendue avec une résolution surfacique 9 fois plus fine.
 2. Tester des Modèles Numériques de Terrain (MNT) à 30 mètres (NASA, ASTER ...)
- Définition des types physionomiques
 3. Calibrage des seuils de recouvrement (notamment forêts, landes)
=>Variabilité des types physionomiques dans les zones basses (subalpin inférieur et montagnard)
 4. Comparer les cartes physionomiques générées au 1/50 000 et Corine Land Cover (CLC).

3.2. Milieux forestiers

À court terme, il serait possible d'apporter des améliorations à la méthode utilisée pour les milieux forestiers, en s'appuyant sur :

1) L'intégration des autres variables environnementales surtout au niveau de la qualité des sols, notamment les facteurs de pH ou l'inclusion d'une couche d'humidité de sols à partir de la base de

données ECOCLIMAP :

(http://www.cnrm.meteo.fr/gmme/PROJETS/ECOCLIMAP/page_ecoclimap.htm)

Pour le pH, une carte pourrait être obtenue par l'attribution d'une valeur de pH à chacun des relevés phytosociologiques des CBN en s'appuyant sur les valeurs indicatrices issues des travaux du LERFoB. Puis ces valeurs pourraient être interpolées (Krigage, Distance Inverse Pondérée...) à l'aide de l'outil « geospatial analyst ». Enfin, des données de validation indépendantes pourraient être utilisées pour valider la modélisation. Voir rapport spécifique du Cemagref pour une démonstration de la méthode.

2) L'application de la méthode sur des données environnementales et de télédétection similaires au niveau des autres sites retenus (i.e. Haguenau et Bassée auboise). Utilisation et achat des données à haute résolution type Ikonos / Quick Bird pour les sites avec un manque de données de terrain ou une complexité plus marquée pour la discrimination de classes.

3) Construction de modèles graphiques de décision (graphic decision-tree models) en lien avec la connaissance experte.

4) Validation des résultats avec des données externes et validation de terrain à l'aide des compétences apportées par les phytosociologues des Conservatoires botaniques nationaux (CBN).

5) La réalisation d'une carte commune aux différents CBN localisant, sur le territoire national, l'ensemble des relevés phytosociologiques existants, pourra permettre de mieux cibler les échantillonnages à mettre en place pour le développement de la méthode à partir de l'analyse d'image satellites.

6) Les avancées récentes dans les techniques d'interprétation et télédétection ont rendu possible des approches permettant une détermination plus fine du type de végétation qui permettra de mieux identifier les associations (Bobbe *et al.*, 2001). Les associations végétales, y compris en forêt, sont liées aux patrons caractéristiques à différentes échelles qui peuvent être identifiés à partir des caractéristiques environnementales des niches (Jennings *et al.*, 2003, Jones, 2002). Les communautés sont une expression de leurs amplitudes écologiques. Certains assemblages peuvent réapparaître au-dessus du paysage, partout où des caractéristiques environnementales semblables sont présentes (Drake, 1990 ; Brohman *et al.*, 2005). L'utilisation de l'analyse multivariée permet l'identification de ces patrons pour le développement d'une cartographie de l'habitat potentiel à partir des données de présence, dérivées des relevés botaniques (Triepeke *et al.*, 2005 ; Moré *et al.*, 2003).

L'utilisation de méthodes de modélisation par maximum d'entropie (Maxent) (Philips & Dudik, 2008 ; Philips, 2006) permettrait d'aboutir à des cartographies des habitats potentiels qui pourront servir d'appui aux cartographies réelles développées selon la méthode présentée dans le rapport spécifique du Cemagref sur ce dossier.

3.3. Milieux méditerranéens

Le travail sur les milieux méditerranéens met en évidence la nécessité de réaliser une étude complémentaire ciblée sur les habitats naturels selon les typologies de végétations et d'habitats usuelles et d'en étudier leurs compatibilités avec les données satellitales sur la base d'un échantillonnage de terrain dédié. Il semble en effet difficile de se baser sur des cartes existantes qui présentent des caractéristiques inadéquates.

Les techniques LIDAR, qui peuvent fournir des indications précises sur la hauteur et la complexité verticale de la végétation, seraient également à considérer pour améliorer encore les résultats.

Des protocoles précis pour l'évaluation des formations végétales et leur attribution à une typologie doit être également recherchée de façon à permettre une homogénéité des données de terrain et une allocation aux différentes typologies plus aisées. Nous recommandons de s'inspirer des travaux des programmes SYSPARES, NILS, CountrySide Survey et EBONE pour ce faire.

Les habitats particuliers de l'annexe I de la directive habitats pourraient être estimés sur une base de connaissance de terrain et une approche probabiliste telle que développée par Alterra aux Pays-Bas (Mücher et al., 2009). Des collaborations sont d'ailleurs en cours entre les équipes du Cemagref de Grenoble et Alterra.

3.4. Milieux herbacés de plaine et milieux humides



Travail et réflexion toujours en cours, compte-tenu des circonstances et en particulier des retards importants dans la livraison de photos aériennes et d'images satellites.

Du point de vue de la télédétection et des possibilités futures d'automatiser certaines phases du processus de cartographie et de réactualisation, il apparaît important que la correspondance avec des paramètres et des typologies (phyto)**géographiques** et (phyto)**écologiques** soient aussi établies. Le **travail par grands milieux** qui présente justement des caractéristiques géographiques et écologiques bien distincts restent en cela très pertinent.

En outre, il apparaît indispensable qu'un **catalogage** bien documenté des inventaires et cartes existantes et à venir soit très bien structuré et centralisé afin de permettre le choix le plus pertinent des données d'entraînement et de validation des méthodes ce qui faisait pour l'instant défaut en France.

La **veille et la prospective** quand aux nouveaux capteurs et types de données annoncés permettront aussi de faire évoluer la réflexion méthodologique dans les années qui viennent au fur et à mesure de la réalisation de la Carte de France des végétations.

L'interaction doit donc rester étroite entre **travail de terrain et télédétection**.

4. Une nécessité de gouvernance pour la Carte de France des végétations

Comme nous avons pu le constater au cours de l'inventaire des cartes réalisées en France (partie A-2), il n'est pas possible à ce jour de disposer d'une information accessible et homogène concernant l'ensemble de la végétation actuelle du pays, qu'il s'agisse de la répartition des différentes unités comme de leur étendue spatiale. Bien que de nombreuses cartes aient été réalisées, en particulier pendant la dernière décennie, l'ensemble du territoire national n'a pas été couvert et surtout, les méthodes utilisées ont été et sont encore passablement hétérogènes.

Dans la mesure où les moyens et ressources mobilisables sont hétérogènes à l'échelle du territoire national, la méthodologie de cartographie devra s'appuyer sur des méthodes et outils divers afin d'aboutir, à l'horizon 2018, à une carte couvrant l'ensemble du territoire national. Il en résulte une coordination interrégionale, biogéographique et nationale importante, qui devra garantir la compatibilité et la conformité aux standards des données collectées par les différentes déclinaisons mises en œuvre aux différentes échelles de travail. De même, une traçabilité des données obtenues sera fondamentale pour fiabiliser la Carte de France des végétations et prévoir son amélioration future en optimisant les efforts sur les secteurs ou les types de végétations les moins bien connus.

Mieux organiser la commande publique

La plupart des cartes étant réalisées dans le cadre de commandes publiques assorties d'un cahier des charges, la mise en place d'une méthodologie cohérente et d'un contrôle de qualité des documents restitués (cartes, tables attributaires...) est indispensable et pourrait conditionner le versement des subventions et/ou paiement des commandes. De nombreux dossiers montrent en effet des insuffisances notoires de rendu et de renseignement des tables attributaires en particulier, souvent en fort décalage avec les termes des conventions signées au moment de la commande de ces travaux par les pouvoirs publics.

Pour obtenir une carte des végétations qui soit cohérente et qui permette de répondre aux différents enjeux identifiés, la méthode développée doit être applicable par différents opérateurs de cartographie tout en gardant une cohérence d'interprétation des végétations en place. Un cahier des charges ainsi qu'une **coordination interrégionale, biogéographique et nationale du projet** est indispensable. Au-delà du projet de cartographie de l'ensemble du territoire à proprement parler, une mise en cohérence **des méthodes de cartographie des végétations en France**, aux différentes échelles, permettrait de capitaliser l'ensemble des projets de cartes qui relèvent de commandes publiques.

Rappelons que la directive européenne INSPIRE impose aux états signataires de porter à connaissance du public les données environnementales et notamment cartographiques disponibles. Compte tenu de la dispersion actuelle de l'information cartographique, de la difficulté à mobiliser les cartes et de leur hétérogénéité, la France aurait du mal en l'état actuel des dispositifs existants à

répondre à ses obligations pour ce qui est des cartes de végétations et d'habitats, tout particulièrement en l'absence d'une coordination d'ensemble de l'information existante et à venir.

Enfin, plusieurs projets de cartographie des végétations portant sur d'importants territoires à des échelles régionales, entre le 1/25 000 et le 1/50 000, sont en cours ou sur le point d'être développées (Île-de-France, Bretagne, Nord-Pas-de-Calais, Rhône-Alpes...). Une cohérence devra être recherchée pour coordonner ces projets régionaux qui pourront constituer la base du projet et dispositif interrégional et national permettant ainsi non seulement de réaliser des économies mais aussi d'accélérer la constitution de la cartographie nationale. Une adaptation, si nécessaire, de ces projets est à établir le plus en amont possible, par la mise à disposition de moyens financiers complémentaires pour couvrir les surcoûts induits d'ajustements prévisibles.

L'expérience de collègues des pays voisins permettrait aussi de renforcer les compétences.

Nous recommandons d'organiser l'ensemble du programme de cartographie des végétations de France **à une échelle d'appréhension des données située autour du 1/25 000 pour une exploitation optimale au 1/50 000**, suivant une **typologie phytosociologique**, tout en étant capable d'établir des correspondances tant avec les autres données environnementales couvrant le territoire qu'avec d'autres formes de représentation des végétations. **Pour les cartes plus fines de sites et/ou végétations à enjeu nous proposons de reprendre et d'actualiser le cahier des charges de cartographie des sites Natura 2000 (Clair et al. 2005) qui préconisait une échelle de travail de terrain autour du 1/10 000 ou plus fin.** Les paramètres écologiques associés aux différents types de végétations devront dans tous les cas être renseignés pour permettre ensuite plus facilement les apports de la télédétection en vue notamment de l'affinage et/ou de la réactualisation de la cartographie.

Il nous paraît important d'insister sur le fait que plus qu'une carte des végétations, le projet de cartographie nationale consiste à mettre en place un système d'information cartographique national des végétations pour la France. Les objets cartographiques associés correspondent à différentes sources d'information et de production et à différentes échelles de constitution mais devront partager un certain nombre de caractères constitutifs communs dont la typologie des unités de végétations. Il conviendra donc de définir un format standard de données commun aux différents organismes chargés de collecter les données de végétations. La carte de synthèse au 1/50 000 en elle-même sera dès lors l'un des produits d'exploitation de ce système d'information, d'autres types d'exploitation pouvant être envisagés (autres échelles, autres applications, notamment cartes des formations végétales ou de répartition des habitats d'intérêt communautaires etc).

Ce projet, compte tenu de l'ampleur de la tâche, ne peut être envisagé que de manière distribuée avec une forte coordination nationale et biogéographique, avec structuration autour de pôles régionaux et interrégionaux opérationnels, sans négliger les échanges internationaux possibles, en amont mais aussi tout au long du processus de collecte et de production des données cartographiques. C'est la qualité de cette coordination associée à la qualité des différentes contributions qui sera garante de la qualité de l'information recueilli et restituable.

C – MÉTHODE PROPOSÉE

0. Cadre général

0.1. Une démarche intégratrice à deux niveaux

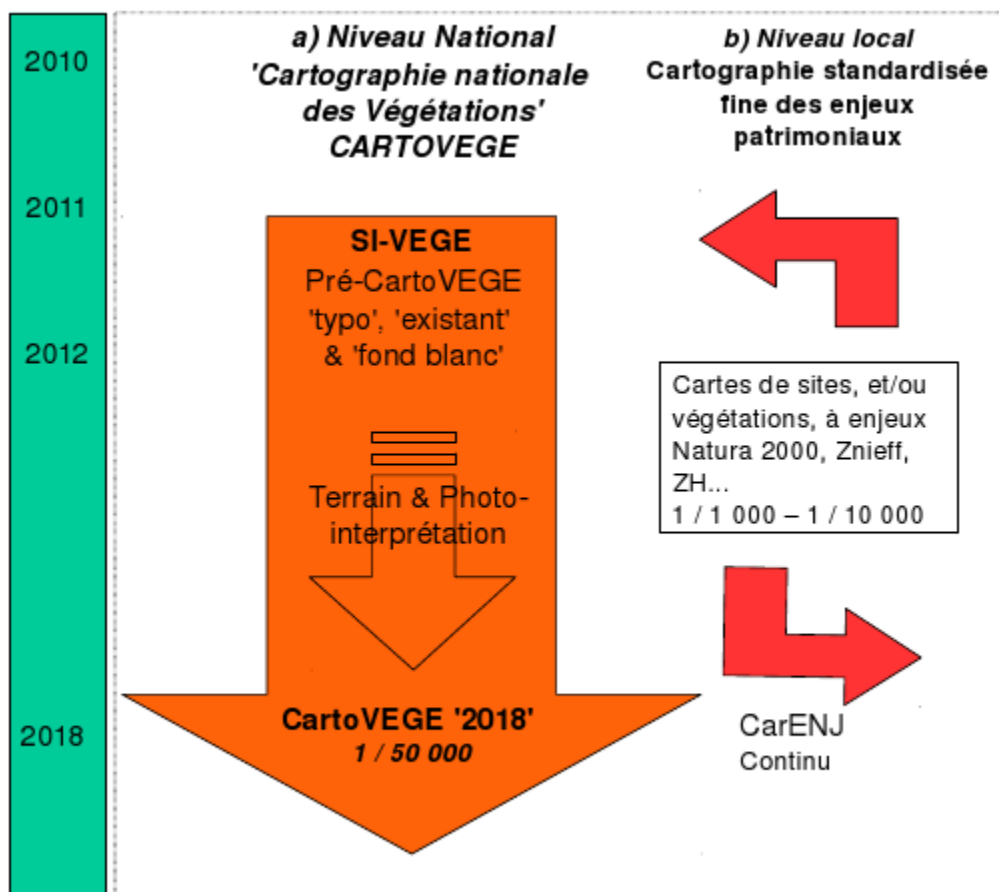


Figure 34 - Déroulement et articulation schématique de la démarche nationale de cartographie des végétations proposée 'CARTOVEGE' (2010 – 2018).

a) Niveau national - Carte de France des végétations au 1/50 000

La démarche nationale (cf. Figure 34) de cartographie des végétations proposée ('CARTOVEGE') s'articule autour d'un chantier central, structuré autour d'un système d'information distribué (SI-VEGE), de cartographie des communautés végétales naturelles et semi-naturelles au 1/50 000 sur l'ensemble de la France (2010 - 2018), avec un bilan d'étape provisoire fin 2012, et dont la réalisation complète devrait aboutir pour l'ensemble du territoire, à échéance 2018, en fonction des moyens

alloués. Elle pourra être réactualisée par la suite régulièrement (par exemple tous les 6 ans, au rythme des 'rapportages' européens).

Dès 2012, une 'pré-cartographie des végétations attendues' (fondée sur des probabilités de présence et d'absence) pourra être produite suite à des phases de tests et de calage méthodologiques pour i) mettre au point, vérifier, planifier et stabiliser la méthode de travail nécessaire à la phase de 'cartographie complète des végétations observées' (sur le terrain et/ou par photo-interprétation directe), pour établir la *Carte de France des Végétations* (CartoVEGE - horizon 2018). La cartographie provisoire probabiliste (horizon 2012) permettra en outre ii) de stratifier le travail de cartographie observée, jusqu'en 2018.

Ce faisant, la cartographie nationale des végétations intéressera de nombreux autres programmes actuels et à venir de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité (SNB 2010-2020) pour lesquels l'information fondamentale sur le couvert végétal, les communautés végétales et les cortèges floristiques est essentielle. Ainsi, le premier rendu provisoire dès 2012, de cartographie de probabilités, permettra déjà d'alimenter des programmes en cours (évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire (HIC) 2013, contextualisation des trames vertes et bleues (TVB) et des schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE), stratification des divers plans d'inventaire du patrimoine naturel (ABC, CARNET-B, autres inventaires...).

La 'Carte de France des Végétations observées (à horizon 2018)' permettra elle d'étayer et renouveler l'évaluation de l'état de conservation (2019) sur des bases sûres, de renseigner directement l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN) ou de servir par exemple de socle solide à l'établissement de Trames Vertes & Bleues et Schémas Régionaux de Cohérence Écologique de deuxième génération (éventuellement opposables) ...

b) Niveau local – Cartes fines des sites et/ou types de végétations à enjeux patrimoniaux

Les cartographies plus fines (1/10 000 à 1/5 000, voire 1/2 000 ou 1/1 000) réalisées au grès des commandes et programmes spécifiques sur des territoires ou milieux à enjeux seront intégrées au fur et à mesure de leurs réalisations (et de leurs ré-actualisations éventuelles) dans le même système d'information géographique distribué (SI-VEGE) sur l'ensemble du territoire, permettant l'emboîtement et les zooms d'une échelle à une autre. A terme, il convient de viser à obtenir une couverture cartographique complète et compatible des différents sites à enjeux (CarENJ). Cet objectif s'insère dans le présent cadre méthodologique par la proposition d'une révision du cahier des charges national déjà existant pour les sites Natura 2000 (Clair et al. 2005), afin d'étendre son champ d'application à l'ensemble des autres sites d'intérêt patrimonial.

0.2. Plan d'action

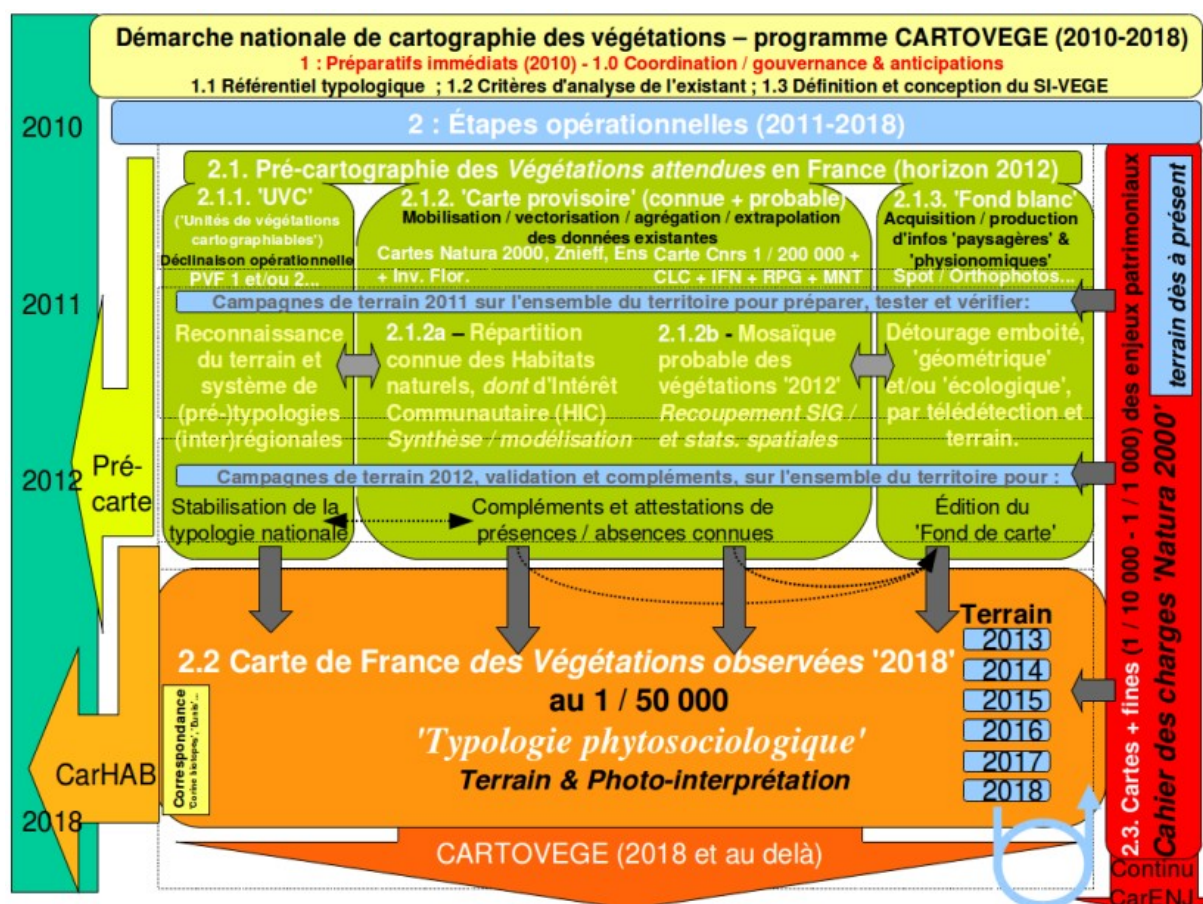


Figure 35 - Plan d'action opérationnel de la démarche nationale de cartographie des végétations proposée 'CARTOVEGE' (2010 - 2018).

1. Préparatifs immédiats

Avant de passer à la réalisation des cartes de végétations à proprement parler, il est indispensable de définir et d'adopter les règles de fonctionnement collectif et d'anticiper les besoins de formations et moyens nécessaires, les référentiels, principes et 'démarche qualité' de cartographie retenus, et les schémas conceptuels et pratiques de recueil et traitement de l'information, dans la continuité du travail accompli pour la présente étude de faisabilité.

1.0 Coordination de la démarche nationale de cartographie des végétations, en France.

Étant donnée l'ampleur de la démarche, et dans la mesure où les moyens et ressources mobilisables sont hétérogènes à l'échelle du territoire national, la méthodologie de cartographie devra s'appuyer sur des acteurs, méthodes et outils divers, afin d'aboutir, à l'horizon 2018, à une carte couvrant l'ensemble du territoire national. Pour être réalisable et atteindre ses objectifs, cette méthodologie doit en outre être déployée rapidement avec un nombre de partenaires et contributions important. Pour assurer dès à présent la cohérence de la démarche et du travail de cartographie ainsi que des produits cartographiques attendus, il est crucial d'établir une coordination d'ensemble (CoordVEGE), aux différents niveaux du projet (du niveau (inter)régional et biogéographique au niveau national et transfrontalier), qui devra garantir *in fine* la compatibilité et la conformité des données collectées. De même, une identification unique et la traçabilité des données obtenues et mobilisées sera fondamentale pour fiabiliser la Carte de France des Végétations et prévoir son amélioration future en optimisant les efforts sur les secteurs et types de végétations les moins bien documentés.

Afin que soit mis en route et mené à bien ce programme national de cartographie des végétations et de pouvoir répondre de manière plus précise et selon un rythme d'évaluation régulier aux obligations découlant de la directive « Habitats » pour les habitats d'intérêt communautaire, mais aussi d'améliorer les données cartographiques des sites naturels à enjeux de conservation, nous proposons ainsi que soit mise en place dès à présent, à l'échelle nationale, cette coordination pour la cartographie des végétations (CoordVEGE). Cette coordination pourrait s'inscrire directement dans le processus actuel de structuration de l'INPN, du SINP et de l'ONB. Cette coordination aura pour fonction d'assurer la cohérence du programme national de cartographie des végétations (que nous avons proposé de nommer 'CARTOVEGE') ainsi que des projets cartographiques réalisés en France, en particulier ceux concernant le réseau Natura 2000 ou les Znieff notamment.

Cette 'Coordination' (CoordVEGE) définira, de façon primordiale, les implications et modalités de l'ensemble du dispositif de cartographie, ainsi que ses propres règles de fonctionnement, à sa mise en place. Elle proposera un plan de consolidation et de renforcement des ressources et compétences mobilisables pour ce projet, avec notamment une stratégie de formation et de recrutements sur les court, moyen et long terme à élaborer et mettre en oeuvre dès à présent. Elle définira les modalités d'inscription du projet dans un référentiel typologique national. Elle permettra d'établir les objectifs précis et critères d'évaluation des données existantes et veillera à la compatibilité des cartes et données. Elle établira les principes et articulations de l'adoption et/ou production d'un fond cartographique emboîté à même de stratifier et restituer l'acquisition des connaissances. Elle veillera à la qualité de cette connaissance et à sa restitution.

Cette démarche visera ainsi à la mutualisation et la rationalisation des efforts de cartographie et d'inventaire en s'appuyant sur des coordinations régionales, en lien avec les SINP en régions, afin d'alimenter la réalisation de la Carte de France des végétations observées, puis permettre les mises à jours ultérieures, toujours au plus près du terrain. Des niveaux de coordination interrégionale et/ou biogéographique pourront compléter la démarche et assurer sa cohérence scientifique et opérationnelle. La réalisation de la cartographie nationale pourra ainsi être mise en oeuvre selon une méthodologie co-élaborée pour l'ensemble du territoire national et décentralisée pour sa réalisation. Cette décentralisation permettra de s'appuyer et tenir compte plus facilement des programmes, ressources et compétences présentes sur le territoire national, tout en assurant une expertise au plus près du terrain. Il est ainsi notamment nécessaire d'articuler au mieux la démarche nationale sur la base

des programmes régionaux déjà engagés (Nord-Pas-de-Calais, Massif Armoricaire, Rhône-Alpes, Ile-de-France...) et à venir (Carnet-B Lorraine, Centre...), ainsi que dans des régions et territoires pilotes spécifiques au présent programme (voir identification plus loin), en tenant compte des réalités locales (tant des particularités du terrain et des végétations, que du niveau de connaissances actuelles, et en visant également à une couverture complète pour l'ensemble des quatre grands domaines biogéographiques présents en France...).

Il sera alors nécessaire de bien calibrer durant la première phase de mise au point de la méthode (2011-2012-2013), et pour l'ensemble des cas de figures biogéographiques et opérationnels possibles, les modalités de cartographies et gérer i) le rattachement opérationnel, décliné jusqu'au niveau local, au référentiel typologique commun (le Prodrôme des végétations de France – PVF est proposé), ii) la remobilisation des cartes et données existantes, avec les différents outils de catalogage, agrégation et extrapolation par modélisation envisageables et à tester, et iii) la constitution emboîtée du fond de carte par intégration des référentiels biogéographiques existants aux différentes échelles et par délimitation des formations et unités végétales suivant leur structure et physionomie. Il conviendra en outre d'actualiser le cahier des charges pour la cartographie des végétations des sites et/ou végétations à enjeux. Des conventions types pourront aussi être proposées aux différents commanditaires (services de l'État donneurs d'ordre en matière de cartographie des milieux naturels, Ministère en charge de l'Ecologie, Agences de l'eau, Conseils régionaux et généraux, ONF, CELRL...). Enfin, un contrôle du respect du cahier des charges et de son application devrait être mis en place. Ce suivi inclura les moyens d'accompagnement et de validation des cartographies réalisées et proposera les compléments et les mises à jour nécessaires.

Un groupe de travail national (que nous proposons d'appeler GT-VEGE), comprenant au moins un représentant de chaque équipe de cartographie régionale, ainsi que de chacune des structures nationales partenaires, sera nécessaire pour la définition des protocoles et procédures, la définition et validation des formats et standards, et la mise en place des outils communs nécessaires à la collecte, à l'agrégation et à la diffusion des informations, ainsi qu'à l'obtention par exemple des licences et couches d'information complémentaire nécessaires au projet en visant à la cohérence de la réalisation des cartes produites.

Le rôle de l'équipe coordinatrice nationale sera de préparer des éléments généraux (couches d'information nationales, standards d'information, partenariats nationaux, voire internationaux et/ou transfrontaliers...) et d'apporter un accompagnement technique aux équipes (inter)régionales afin que la méthodologie appliquée corresponde bien aux attendus en garantissant sa cohérence nationale. Les équipes régionales réaliseront la cartographie localement. Elles seront composées d'un coordinateur régional et de plusieurs cartographes phytosociologues et/ou géomaticiens, informaticiens, documentalistes, logisticiens, etc... ayant l'expérience des problématiques naturalistes et de cartographie. Le territoire d'action des équipes régionales se répartira par grandes régions naturelles au sein de territoires biogéographiques homogènes (petites régions naturelles, secteurs, bassins ou massifs...) afin de garantir une unité de traitement par régions administratives et grandes entités biogéographiques du territoire national et européen. Chaque équipe régionale aura en charge i) la définition des typologies et des référentiels qui devront s'inscrire dans la synthèse réalisée au niveau national, ii) l'évaluation et qualification des cartes et données existantes et iii) l'accompagnement des interprétations d'images et couches d'information préparatoires au 'fond blanc' du fond de carte. Chaque équipe régionale participera en outre à la conception du fond blanc en veillant à la cohérence avec les unités de végétations cartographiables. Elles assureront ensuite la cartographie de terrain et

participeront aux ajustements et mises en cohérence interrégionaux et nationaux. Elles valideront *in fine* les cartes éditées pour leur région.

La mise en place de ce dispositif devrait pouvoir être engagée dès à présent pour être opérationnelle au plus vite, les préparatifs au niveau national ayant déjà commencé dès 2010 avec le travail associé à la présente étude de faisabilité méthodologique. Les partenaires du programme ont en outre précisé et formalisé les moyens nécessaires et modalités de mise en œuvre dès le quatrième trimestre 2010.

1.1. Établissement d'une liste provisoire des associations végétales de France

La méthodologie retenue pour la Carte de France des végétations prévoit une restitution générale de l'information à l'échelle de l'alliance phytosociologique (ou sous-alliance). Il est toutefois préconisé de conserver l'information plus précise (niveau association) lorsqu'elle existe.

L'un des outils indispensable au rattachement des données phytosociologiques (ou plus généralement typologiques) pour la cartographie des végétations en France est un référentiel harmonisé au niveau national des communautés végétales reconnues en France et organisé selon le système hiérarchisé du Prodrome des Végétations de France (PVF). La déclinaison et la constitution de ce référentiel au niveau de l'association végétale (PVF 2) est particulièrement complexe à mettre en œuvre. Il est en cours de réalisation sous l'égide de la Société française de phytosociologie (SFP) en partenariat avec le MNHN et le réseau des Conservatoires botaniques nationaux (CBN). La déclinaison au niveau de l'association est réalisée par classes phytosociologiques. À noter qu'au cours de ces révisions, la classification proposée dans le Prodrome des végétations de France (PVF 1) est susceptible d'être remaniée. Il est donc indispensable d'établir des règles et des outils de suivis pour assurer le passage de l'une à l'autre des versions du Prodrome (PVF1 à PVF2).

En octobre 2010, huit classes avaient été validées (parmi lesquelles trois ont été publiées) sur les 76 que compte la France. En dépit de l'important travail réalisé il sera impossible de disposer d'une déclinaison au niveau association pour toutes les classes phytosociologiques d'ici 2012. En l'absence d'un système unifié au niveau national et dans l'attente de ce référentiel PVF 2, plusieurs CBN constituent leurs propres référentiels locaux, pouvant alimenter le référentiel national. Pour les classes non finalisées dans le cadre du PVF 2, pour la présente démarche nationale de cartographie des végétations, l'agrégation et une première harmonisation nomenclaturale de ces référentiels, en lien étroit avec les travaux menés dans le cadre du PVF 2, permettrait d'obtenir une première **liste des associations végétales présentes en France et sur chacune des grandes régions biogéographiques** (qu'il s'agira de compléter en priorité pour les régions et territoires non couverts).

Cette version provisoire permettra de gérer les informations cartographiques et phytosociologiques issues des cartes et des bases de données phytosociologiques préexistantes et facilitera l'intégration des données existantes au niveau association végétale dans le projet de cartographie des végétations de France. Outre son utilisation dans le cadre du programme CARTOVEGE, cette liste pourra aussi

contribuer aux réflexions menées dans le cadre du PVF2 et sera révisée au fur et à mesure de la publication des nouvelles classes.

L'ensemble des typologies de travail dans le cadre de la Carte de France des végétations devront s'inscrire dans ce référentiel typologique et préciser, le cas échéant, les correspondances appropriées, en références aux mises en correspondances publiées aussi dans le cadre du présent programme et sur le site de l'INPN.

1.2. Définition des objectifs et critères d'analyse et remobilisation des cartes et données existantes

Pour réaliser un catalogage complet préalable à la remobilisation des cartographies et des inventaires de végétations existants à ce jour en France dans la continuité exhaustive du travail amorcé ici (cf. partie B-2), il est nécessaire d'établir un protocole de recueil et d'analyse rigoureux et partagé afin de pouvoir répertorier ces informations et les évaluer suivant de mêmes objectifs et critères.

L'établissement de ce protocole devra avoir lieu dès le lancement de la démarche nationale.

Nous proposons ainsi de documenter et d'évaluer différentes sources de données, **directes** et **indirectes**, suivant des modalités qui devront être précisées par le groupe de travail ad hoc (GT VEGE). Les données directes comprennent les informations issues des cartes de végétations (notamment les cartes Natura 2000 ou Znieff), de la base de données Natura 2000, des bases Znieff, des relevés phytosociologiques ou des mentions phytosociologiques contenues dans les bases de données disponibles ou facilement numérisables. Elles correspondent à des observations de la végétation en place et sont restituées sous forme d'une interprétation selon une nomenclature phytosociologique ou selon une classification proche et correspondante. Les données indirectes correspondent à des données non phytosociologiques au départ mais qui seront interprétées selon la typologie phytosociologique après un traitement spécifique. Il s'agit de relevés floristiques collectés et gérés dans les bases de données, en particulier celles des Conservatoires botaniques nationaux (CBN), que l'on filtrera et que l'on croisera avec d'autres types de données (couches d'information spatialisées telles que les cartes d'occupation du sol, les cartes géologiques...).

Cette mobilisation implique :

- i) de rassembler dès à présent au format numérique le plus grand nombre possible de cartes de végétations, à commencer par celles relatives aux sites Natura 2000 et aux Znieff. Pour les cartes en format papier, un important travail de recueil, de numérisation/vectorisation et de géoréférencement sera nécessaire. Une fois ceci fait et pour celles déjà disponibles sous SIG, un travail de vérification des métadonnées et de conformité des normes cartographiques sera nécessaire en parallèle du travail de validation scientifique (pertinence et adéquation des typologies utilisées, étaiement de la cartographie par des données floristiques...).

Dans le cas où plusieurs cartes se superposent dans un même secteur géographique, le travail de sélection des cartes de végétations peut s'avérer très fastidieux. Cela nécessite d'élaborer

des règles et des critères de sélection (dates de réalisation, échelle, typologie, fiabilité de l'opérateur carto, etc.).

En outre, la Carte de la Végétation de la France du CNRS au 1/200 000, déjà numérisée et géoréférencée dans le cadre du programme BDGveg (présenté en partie A-2 du présent document) sera vectorisée. Les contours des séries seront ensuite affinés à l'échelle du 1/50 000 pour pouvoir être croisés avec les autres couches géographiques mobilisées. Ce travail de vectorisation et d'affinage des contours et de mise en cohérence des légendes et raccordement des feuilles devra être effectué suivant des règles de traitement et d'assemblage également définies de façon coordonnée et sous le contrôle et avec l'accompagnement des connaisseurs du terrain des différents secteurs géographiques concernés.

- ii) la mobilisation des données d'inventaires phytosociologiques, avec les informations correspondant aux sites Natura 2000 non encore cartographiés qui pourront également être exploitées en priorité, ainsi que les autres données d'inventaires phytosociologiques localisées précisément (1/25 000 minimum). Dans certains cas, il pourra être utile de prévoir la numérisation de certaines données importantes permettant de couvrir des zones dépourvues d'information cartographiques. Des données floristiques géolocalisées constituées de listes ou contenant des groupes d'espèces caractéristiques de types de végétations pourront également être exploitées. Cette méthode d'identification de types de végétations à partir de listes floristiques nécessitera toutefois d'être testée et validée par un retour de terrain. Elle n'est néanmoins pas à négliger compte tenu de la masse d'informations floristiques exploitables dans les bases de données sur la flore française.

Les données collectées étant de nature diverses et constituées pour la plupart à des échelles différentes (plus fines), un travail d'analyse important sera nécessaire avant d'éventuelles harmonisations des jeux de données en tout ou partie.

Une réflexion et des règles d'agrégation et de changements d'échelle seront aussi nécessaires.

Les données validées devront permettre de contribuer à la réalisation de la carte de synthèse au 1/50000. Elle devra pouvoir faire apparaître les différents types de végétations localisées selon la typologie de cartographie retenue au niveau national (référentiel cartographique national ou « unités de végétations cartographiables » - UVC – voir plus bas).

1.3. Constitution d'un système d'information agrégatif sur les végétations de France (SI-VEGE)

Avant de passer à la réalisation des cartes à proprement parler il est d'abord indispensable d'acquérir et d'homogénéiser certaines données préalables, de caler les principes de cartographie et de mettre au point plusieurs outils.

Pour mobiliser l'ensemble des informations disponibles actuellement dans les cartes de végétations et habitats et les inventaires phytosociologiques existant et recueillir et organiser les nouvelles données qui seront collectées dans le cadre du présent chantier de cartographie nationale des végétations, il est indispensable de constituer dès à présent un système de gestion des données cartographiques sur les végétations. Ce système d'information (que nous proposons d'appeler 'SI-VEGE'), aura pour fonction de rendre les informations valides sur le plan typologique et géographique et exploitables pour les différents traitements qui seront réalisés. Elle permettra en outre une fonction d'archivage des données et des cartes. Le système d'information SI-VEGE devra permettre l'exploitation des différentes sources de données pour des restitutions cartographiques à différentes échelles, sous différents formats (maillages, surfaciques...) et sur les différents supports envisagés (cartographie dynamique sur Internet, formats numériques divers, cartes papiers...). Il devra permettre des assemblages et des synthèses cartographiques nationales.

Plutôt qu'une unique base de données qui gère l'ensemble des informations du territoire national, nous proposons de structurer la **gestion de l'information autour de différentes bases de données existantes ou à déployer**, avec la **création d'une unité centrale (BD-VEGE) qui pourra agréger et gérer les informations utiles à des productions de cartes nationales voire européennes**. Ainsi, les informations sont collectées et validées localement puis généralisées à l'échelle du 1/25 000 afin de pouvoir être transmises pour agrégation dans la base nationale. De cette façon, cela permettra d'analyser plus finement les traitements de données, de tenir compte de la disponibilité des données écologiques et environnementales à des échelles de temps variables sur la France entière et de minimiser le poids des fichiers et la complexité des traitements informatiques à réaliser. L'harmonisation nationale garantira quant à elle une cohérence de restitution de l'information.

Ce système d'information (SI-VEGE) et la base de données de synthèse nationale (BD-VEGE), devront être inscrits dans les dispositifs existants (en particulier SINP et INPN) et respecter les dispositions légales et réglementaires en matière de recueil, de validation, de gestion et de diffusion des données concernant la flore et les habitats naturels.

En outre, la base de données agrégative à vocation nationale (BD-VEGE) devra être conçue et développée de façon à pouvoir être reprise également au niveau régional et interrégional par toutes les structures et partenaires du programme de cartographie qui le souhaiteront, pour permettre des agrégations et synthèses (inter)régionales et/ou biogéographiques et faciliter la remontée et l'agrégation des données synthétiques au niveau national

L'établissement du système d'information distribué (SI-VEGE) et la constitution d'une base de données agrégative (BD-VEGE) nécessitent également d'établir un **format standard de données** des végétations (FSD-VEGE) **et de méta-données** afférentes (FSMD-VEGE) qui permettent d'échanger et

mutualiser l'information utile, gérée par différentes sources et bases de données, suivant les formats et standards nationaux et internationaux en vigueur (en particulier dans le cadre du SINP, de l'INPN et de l'ONB).

L'information contenue dans le système d'information SI-VEGE sera mobilisée pour la poursuite de mises au point de méthodes de télédétection et de prédiction des végétations par traitement semi-automatique d'images. Elle permettra ce faisant plus largement de **répondre aux obligations de la Directive européenne Inspire** et, pour la France, de participer à **l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN)**, en alimentant le Système National sur la Nature et les Paysages (SINP) et l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB), dans leurs dimensions régionales et nationale, en matière de données concernant la diversité des communautés végétales. Elle pourra en outre alimenter d'autres programmes et réseaux d'études et de recherches.

2. Étapes opérationnelles (2011-2018)

2.1. Pré-cartographie des végétations attendues (horizon 2012)

Cette étape consiste à préparer la réalisation de la Carte de France des végétations observées : i) en établissant un référentiel des unités de végétations cartographiables (UVC), ii) en mobilisant les couches d'informations et données existantes nécessaires et iii) en délimitant l'ensemble des polygones à renseigner (« fond blanc »). Cette étape préparatoire implique un important travail d'expérimentations, de tests de différentes options et de validations, pour adopter une méthode stabilisée, robuste et réalisable. Le fruit de ce travail sera conçu de façon à alimenter directement la production de cartes de végétations et habitats naturels probables dès les premières années du travail et pour permettre de stratifier le travail de terrain pour l'ensemble du territoire national.

2.1.1. Constitution du référentiel typologique pour la Carte de France des végétations : référentiel des 'unités de végétations cartographiables' (UVC)

Dans la mesure où l'organisation des végétations dans l'espace est souvent plus complexe que ne peut l'exprimer une carte quelle qu'en soit l'échelle, il devra être établi des règles de renseignement et de représentation cartographique des unités de végétations. Ces unités de végétations cartographiables (UVC) devront correspondre à des entités délimitables sur le terrain à l'échelle du 1/25 000. Dans les cas où la végétation est homogène sur une grande superficie, elles pourront représenter un seul type de végétation (une seule alliance, une seule association). Plus souvent, elles représenteront des complexes de végétations correspondant soit à des types de végétations en relation dynamique entre eux (ex: pelouse/ourlet/forêt d'une même série), soit à des types de végétations en contact du fait de la structure géomorphologique du paysage (ex: contact roselière/aulnaie/prairie inondable, appartenant à différentes séries). Cette typologie des 'unités de végétations cartographiables' (UVC) se réfèrera donc à l'identification des différents types de paysages rencontrés dans les différentes régions naturelles selon les principes de la phytosociologie paysagère (identification des *sigmeta* ou séries de végétations, c'est à dire des types de végétations en relation dynamique pour des conditions écologiques données - et des *géosigmeta* ou complexes paysagers, c'est à dire différentes séries en contact au sein des grandes unités géomorphologiques en place dans le paysage).

La liste ou catalogue des différentes alliances phytosociologiques présentes sur le territoire sera établie pour chacune des régions administratives et/ou forestières (cf. référentiel IFN). Lorsque cela est possible, nous recommandons de réaliser ce travail au niveau de l'association végétale ou infra

afin de préciser l'information. Puis, les grandes séries de végétations et les complexes paysagers rencontrés sur le territoire seront identifiés en listant les alliances qui leur sont affiliées. Ce travail sera fondé en premier lieu sur l'analyse de la documentation existante et complété à dire d'expert. Dans plusieurs régions et/ou situations particulières, il est probable que des campagnes de terrain complémentaires soient nécessaires (dans ce cas, les relevés de terrain devront être effectués selon les méthodes phytosociologique et symphytosociologique). Enfin, le travail réalisé pour chaque région sera harmonisé au niveau national afin de garantir l'homogénéité de traitement des différentes unités et de réaliser les agrégations et simplifications nécessaires pour la représentation cartographique de l'ensemble du territoire. Le référentiel typologique des UVC sera organisé et structuré de manière à permettre une compatibilité entre les données issues des cartes à grande échelle et la couverture nationale au 1/50 000. Il sera fondé sur le Prodrôme des végétations de France (PVF, voir A-1.1 du présent document) et ses déclinaisons et/ou correspondances régionales.

Nous recommandons, dans un premier temps de réaliser une pré-typologie (inter)régionale des UVC à partir du travail d'identification des végétations présentes et/ou de synthèse des cartes de végétations existantes (voir paragraphe 2.1.2.), en étroite interaction avec la préparation du « fond blanc » (voir 2.1.3). Dans un second temps, la typologie provisoire sera complétée et affinée afin d'être stabilisée et adoptée de façon partagée avant d'entreprendre la Carte de France des végétations observées.

2.1.2. Carte provisoire des végétations et habitats connus et probables en France

Le travail de remobilisation des informations et données existantes constituera, avec la définition du référentiel des unités de végétations cartographiables (UVC, voir 2.1.1), et la préparation d'un « fond blanc » (2.1.3), le cœur de la première phase clé du processus cartographique.

Il permettra de réaliser un premier niveau d'agrégation correspondant à une 'carte provisoire des végétations connues et probables' en France ('carveg provisoire'), associée à une couche cartographique spécifique ('CarHIC'), par mailles et si possible surfacique, de présence et d'absence probables des habitats d'intérêt communautaire (HIC), afin de répondre à l'un des premiers attendus du programme (l'évaluation de l'état de conservation des habitats en 2013 – voir modalités proposées en C.3.1.).

L'ensemble des informations existantes actuellement dans les cartes de végétations et d'habitats et les inventaires phytosociologiques et floristiques disponibles pourra être mobilisé en appliquant des règles de mises en correspondance typologiques et d'agrégations multiscalaires. Cette information pourra être croisée avec d'autres sources de données environnementales mobilisables, en recourant à des méthodes de modélisation. Ce travail contribuera directement, en même temps, à la préparation de la cartographie des végétations observées en France suivant une typologie phytosociologique, et permettra de réaliser un premier test d'exploitation des données pour des exploitations diverses ('CarHAB' / 'CarHIC') correspondant à des typologies d'habitats de type Natura 2000, Corine Biotopes, Eunis...

2.1.2.1. La répartition connue des habitats naturels, dont d'intérêt communautaire (HIC), en France - Information géoréférencée

Nous proposons de réaliser une première couche d'information pour connaître la distribution des habitats naturels aussi bien au sein des sites Natura 2000 que sur l'ensemble du territoire national.

i) Le géoréférencement dans le système d'information distribué des végétations (SI-VEGE) des données (cartes, relevés...) existants sur la présence des habitats naturels devra être réalisé en premier lieu. Il se fera i) par une remobilisation de l'information des cartes d'habitats et de végétations (données directes), ii) par une mobilisation de données d'inventaires floristiques et/ou d'habitats et iii) par une modélisation fondée sur les caractéristiques écologiques des végétations et habitats d'intérêt communautaire (données indirectes).

La typologie Corine Biotope pourrait servir, à ce stade, de typologie de restitution et de mise en cohérence du travail (en effet, la grande majorité des cartes existantes de sites Natura 2000 et des Znieff cartographiées sont établies en typologie Corine Biotope et il est en outre possible d'établir des correspondances en typologie phytosociologique). Cependant, la saisie des informations intégrera les données aussi suivant la typologie phytosociologique si l'information existe.

Les cartes des sites Natura 2000 ou des Znieff, pour lesquels des cartes sont disponibles, seront utilisées en priorité. Pourront ensuite être utilisées les autres cartes d'habitats, ou de végétations pour lesquelles la typologie utilisée sera facilement rattachable à la typologie Corine Biotopes. Afin de compléter la couverture d'information sur la répartition des habitats, des données ponctuelles sur les habitats issues d'observations récentes (période à définir) pourront être recherchées et intégrées à la couche d'information.

Cette remobilisation implique de rassembler dès à présent au format numérique le plus grand nombre possible de cartes d'habitats, à commencer par celles des sites Natura 2000 et des Znieff. Pour celles déjà disponibles sous SIG un simple travail de vérification des métadonnées et de conformité sera nécessaire (outre le travail de validation scientifique de rigueur). Pour les autres, un important travail de recueil, de numérisation et de géoréférencement sera nécessaire.

Cette information pourra être transcrite directement dans un maillage ou fond cartographique.

ii) En outre, il sera recouru à l'utilisation de données indirectes en mobilisant des données d'inventaires floristiques. Cette exploitation présuppose de disposer de listes des espèces appartenant aux cortèges caractéristiques de chaque type de végétation ou habitat traité. Actuellement, ces listes font défaut à l'échelle nationale. Nous proposons d'établir ces listes pour les alliances et sous-alliances phytosociologiques, en visant en priorité les végétations et habitats relevant d'intérêt communautaire. Lorsque la présence de toute ou partie d'une combinaison caractéristique sera identifiée, on accordera un degré de fiabilité à la présence du type de végétation correspondant. Cette méthode devra faire l'objet de tests préalables, de calibrages et de vérifications de terrain dans les différentes parties du territoire afin de qualifier les résultats.

En fonction du seuil de fiabilité de l'information retenu, il sera envisageable de renseigner les polygones du 'fond blanc'. Dans le cas d'une seule donnée moyenne de présence d'habitats ou d'un relevé phytosociologique non localisé précisément, par exemple pour une information localisée à la seule emprise géographique d'un site Natura 2000 ou d'un territoire administratif (commune par exemple), une règle d'affectation dans le(s) polygone(s) correspondants devra être établie. Les bases de données floristiques au premier rang desquelles celles des CBN et des partenaires actuels ou à venir du programme seront ici d'une très grande utilité.

iii) L'ensemble des données d'habitats géolocalisées seront également utiles pour les essais de modélisation de la distribution des habitats à partir de leurs caractéristiques écologiques.

Il s'agit de dégager les caractéristiques écologiques de chaque végétation ou habitat d'intérêt communautaire sur la base des connaissances des phytosociologues et/ou par analyse statistique des conditions environnementales dans lesquelles ces végétations et habitats (et/ou les espèces qui les composent) sont observés dans la nature. Sur la base de cette information, la modélisation consiste alors à extrapoler la présence (ou absence) supposée des différents types de végétations et habitats en recourant à la théorie des 'niches' et en supposant un type donné présent dans l'ensemble de la partie du territoire relevant des mêmes caractéristiques environnementales que celles où il a été observé et attesté.

Plusieurs travaux utilisent actuellement ce type de modélisation. C'est en particulier le cas de l'approche du Cemagref de Grenoble présenté dans le cadre du présent document pour les habitats forestiers (partie A-3), ou du Lerfob à Nancy (pour les habitats forestiers également) et de l'Université de Genève par exemple, ou encore des équipes de recherche multi-organismes du Groupement de recherche sur les traits biologiques et écologiques (GDR Traits).

Dans le cadre d'une approche partenariale élargie pour la Carte de France des végétations, ce volet devrait pouvoir être appliqué, au moins pour les milieux les mieux étudiés (mise à disposition de données floristiques et environnementales, mise en commun des connaissances phytoécologiques attachées à la phytosociologie et aux habitats, mise en oeuvre des méthodes de modélisation).

L'information issue des modèles peut ensuite être recroisée avec tout maillage ou fond cartographique.

La restitution de la couche d'information 'CarHIC' pourra se faire suivant la nomenclature Natura 2000. Toutefois, afin de pouvoir exploiter les informations collectées pour les phases ultérieures, les unités de végétations seront aussi renseignées selon la nomenclature phytosociologique lorsqu'elle est disponible. Dans ce cas, l'unité phytosociologique de base utilisée pour collecter l'information à cette étape sera la sous-alliance ou par défaut l'alliance phytosociologique (les données phytosociologiques disponibles à des rangs inférieurs seront collectées comme telles et rattachées à l'alliance ou la sous-alliance correspondante). Une correspondance sera donc établie et maintenue entre ce niveau de la classification phytosociologique et la typologie Natura 2000 de manière à pouvoir restituer des cartes de distribution des habitats et passer de l'une à l'autre.

Il est à noter que pour des raisons d'incompatibilité partielle des typologies, les informations existantes et mobilisables selon la typologie européenne (EUNIS Habitats) ou d'autres nomenclatures pourront également être intégrées de manière à compléter les sources de données existantes et permettre des restitutions ultérieures suivant les besoins et typologies qui se révéleront d'usage le plus courant et/ou approprié en France et en Europe pour les habitats.

Chaque communauté végétale, ou habitat, devra pouvoir être cartographié quelque soit le rang syntaxonomique ou le référentiel utilisé. Cependant, pour ne pas alourdir le travail d'édition, seuls les niveaux alliances et sous-alliances de la phytosociologie et leur correspondance avec les typologies d'habitats souhaités seront considérés au moment de la restitution. Ces restitutions cartographiques (ou autres) pourront être publiées en ligne et/ou éditée et imprimées, le cas échéant, par exploitation directe des couches SIG. Elles feront apparaître le niveau de fiabilité de la donnée retenue pour chaque polygone ou autre unité cartographique (mailles...).

2.1.2.2. La mosaïque des végétations et habitats probables de France métropolitaine - Approche surfacique SIG

Notre deuxième objectif est ici de tenter une estimation de la superficie et donc de l'importance du territoire national occupée par chaque végétation et/ou habitat naturel, au moins, en priorité pour les habitats d'intérêt communautaire (HIC). Nous proposons donc une deuxième couche d'information cartographique d'occupation probable des habitats aussi bien au sein des sites Natura 2000 que sur l'ensemble du territoire national.

Les types de végétations en place pourraient en effet être prédits à partir d'informations sur la structure et la nature dominante du couvert végétal et des potentialités connues du milieu naturel.

La superficie occupée peut-être estimée et affinée en lien avec la mise au point du 'fond blanc'.

Nous proposons donc d'établir une mosaïque cartographique des végétations probables par remobilisation de données de couvert des végétations et environnementales existantes et suivant un principe classique de représentation cartographique surfacique, qui visera à qualifier chaque polygone de la mosaïque produite par un ou plusieurs type(s) d'habitat(s), en focalisant sur les habitats d'intérêt communautaire au moins, en priorité. Cette cartographie sera obtenue par i) un croisement SIG de données de couvert végétal et environnementales existantes (effectivement observées et/ou modélisées cf. 2.1.2.1), ii) une confrontation statistique de la mosaïque cartographique ainsi obtenue aux cartographies de végétations et habitats actuels (notamment sites Natura 2000 et Znieff) ou à toute autre 'vérité terrain', et iii) une recherche possible de rattachement direct éventuel des types cartographiques obtenus dans le SIG à des types d'habitats correspondant, sur la base de leurs caractéristiques écologiques.

i) Pour le croisement SIG de données surfaciques existantes observées (vs modélisées), nous remobiliserons centralement la Carte de la Végétation de la France du CNRS au 1/200 000, qui est la seule couche d'information de couvert végétal observé à une telle échelle, complète et homogène pour l'ensemble du territoire, et à ce jour disponible, bien que réalisée entre 1947 et 1987. L'occupation actuelle des sols pourra elle provenir du « fond vert » de l'IFN / IGN au 1 / 25 000 et/ou de Corine Land Cover (CLC) au 1 / 100 000. L'utilisation des terres agricoles pourra elle être renseignée par le Registre Parcellaire Graphique (RPG) qui présente une résolution élevée et l'intérêt d'être entièrement réactualisé chaque année. Enfin, l'altitude, l'exposition et les pentes peuvent être tirées d'un modèle numérique de terrain (MNT) comme celui diffusé par l'IGN (BD ALTI®, utilisable au 1/25 000 et disponible au pas de 50 m minimum ou thème ALTI de la BD TOPO®, accessible au pas de 25 m). D'autres sources d'information comme des MNT commerciaux plus précis pour l'ensemble du territoire pourront être testées, tout comme des données ultra-précises (type données Lidar) existant déjà en France pour certains sites ou territoires remarquables et/ou à enjeu et dont l'IGN vise également à assurer une diffusion cohérente.



Figure 36 - Résultat du test de vectorisation de la Carte de Végétation du CNRS au 1 / 200 000 à l'aide d'une méthode automatique de segmentation.

(En bas : un extrait de la feuille de Foix scannée; en haut : le même extrait vectorisé et directement exploitable dans un SIG)

Source : FCBN et Cemagref – MTD de Montpellier - R. Meloni (Juillet 2010).

La Carte de Végétation du CNRS au 1 / 200 000 qui a déjà été numérisée et géoréférencée (mais non vectorisée) dans le cadre du programme BDGveg (présenté en partie A-2 du présent document) sera vectorisée en priorité. Le test (Figure 36) que la FCBN a réalisé avec le Cemagref à la MTD de Montpellier en juillet 2010 à l'aide d'un logiciel de segmentation nous permet d'évaluer le travail de vectorisation nécessaire pour l'ensemble de la France à 40 à 60 jours environ de travail d'un ingénieur géomaticien maîtrisant les outils de segmentation actuels « orientés objets » comme ceux dont dispose la MTD de Montpellier. Les autres données nécessaires sont elles directement disponibles en format SIG pour l'ensemble du territoire métropolitain et leur mobilisation, possiblement « libre de droit » dans le cadre d'un programme public, dépend surtout des conventions et accords passés avec les organismes détenteurs. Le croisement de l'ensemble de ces couches d'informations complémentaires permettrait donc d'aboutir, et relativement rapidement, à une mosaïque de polygones cartographiables au 1 / 50 000. La question sera en fait de chercher le bon dosage entre l'information apportée par chacune des couches dans le SIG afin d'obtenir une mosaïque ni trop fine ni trop grossière, rattachable à des unités réelles de végétations et des typologies en vigueur. Un va et vient entre le volet de production de cette mosaïque et les analyses statistiques et de rattachement décrites ci-après (ii et iii) permettront de doser au mieux le croisement SIG le plus adapté.

ii) Par la confrontation statistique spatialisée de la mosaïque cartographique ainsi obtenue (i) aux cartographies de végétations et habitats (notamment sites Natura 2000 et Znieff) actuelles, il sera recherché des taux de correspondance entre types des différentes cartes.

Il s'agit ainsi par des statistiques de corrélation spatiale de rechercher si certains types de polygones générés par le croisement SIG à l'origine de la mosaïque cartographique décrite ci-dessus (i) correspondent à des types de polygones (et donc de végétations ou habitats naturels) connus sur des cartes de végétations ou d'habitats dûment renseignées et établies sur la base de bonnes connaissances de terrain actuelles.

Ce travail pourra donc directement bénéficier de la remobilisation des cartes (notamment Natura 2000 et Znieff) proposée et envisagée comme premier volet de réalisation (voir plus haut 2.1.2.1). Pour aboutir à des résultats probants, il demandera en outre une importante expertise des phytosociologues de terrain et ceux des CBN en particulier, en étroite interaction avec les géomaticiens.

iii) Pour la recherche de rattachement direct des types cartographiques obtenus dans le SIG à des types de végétations et/ou d'habitats correspondant, sur la base de leurs caractéristiques écologiques, les polygones de la mosaïque cartographique décrite (i) seront considérés au regard des différentes valeurs des facteurs environnementaux ayant permis de les discriminer et une correspondance pourra être recherchée soit manuellement, soit statistiquement, avec les caractéristiques connues des différents types de végétations et habitats (déjà retenus et nécessaire aussi pour les aspects modélisateurs de la partie C.2.1.2.1 exposée plus haut).

Il s'agit en effet là de faire appel aux relations entre phytoécologie et phytosociologie. Par le recouplement d'une carte phytoécologique comme la carte de Végétation de la France du Cnrs au 1 / 200 000 avec une couche d'occupation du sol suffisamment précise qui informe sur la physionomie et structure du tapis végétal, il est théoriquement possible d'identifier le type de communauté végétale en présence, puisque pour une série donnée, chaque stade dynamique correspond à un type de communauté végétale. Les différents stades dynamiques, correspondants aux associations végétales (cette information peut être généralisée à l'alliance ou à la sous-alliance) seraient identifiés pour chaque série dynamique. Notons d'ailleurs qu'une adaptation des postes de légende de la carte CNRS à la typologie phytosociologique selon les séries a été réalisée avec un certain succès dans le cadre du programme BDGveg (Leguédou et & al., 2009). Elle semble encore plus aller de soi pour un rattachement à la typologie Corine Biotopes (B. Renaux, com. pers. 2010). Qu'il puisse être repris en l'état ou non, le travail réalisé à cette occasion par l'équipe de Party et Gégoud (*in* Leguédou et & al., 2009) sera de toute façon riche d'enseignements. L'information et les outils qui seront utilisés dans le volet « modélisation de niches » proposé plus haut (partie C.2.1.2.1) pourront également être utiles ici.

Mentionnons aussi qu'une telle recherche de rattachement s'appuierait ainsi sur la théorie 'syndynamique' de la phytosociologie qui suppose un lien direct entre chaque stade de la série de végétation mais qui se révèle souvent plus complexe dans son application du fait de la méconnaissance des liens syndynamiques réels et de la grande variété des situations rencontrées sur le terrain, et également de cas de 'bi-stabilités' évidents ('basculement' vers une série de végétation, ou une autre, à partir d'une même situation apparente de départ). Pour être pertinente, cette méthode ne devrait alors pas négliger certains paramètres déterminants dans la présence de tel ou tel type de végétation. En effet, l'eutrophisation (essentiellement d'origine agricole) a pour effet de modifier la composition floristique de la végétation. Dans le cas où cette eutrophisation est poussée, les changements floristiques sont tels que la végétation change radicalement de nature et n'a plus rien à voir avec la végétation d'origine en lien avec la série dynamique correspondante. On parle alors de déviance de la

série de végétation. Or si les changements floristiques sont notables en cas d'eutrophisation, la structure de la végétation (sa physionomie générale) change peu, restant soumise à la pression des herbivores ou de l'exploitant agricole (pâturage ou fauche de l'herbe), par exemples. Dans de nombreux cas, en particulier en zone humide mais aussi en zone bocagère de plaine ou de plateau, ces changements sont ainsi extrêmement difficiles à détecter autrement que sur le terrain.

Le recours au croisement de l'information du Registre Parcellaire Graphique (RPG) et/ou de l'Inventaire général agricole 2010 notamment, pourrait alors ici permettre de traiter cette difficulté et apporter en outre un cadre de compréhension statistique très important sur les éventuelles situations de déviations de séries de végétations.

L'utilisation de Corine Land Cover (CLC) permettrait également d'observer les zones de plus fort changement d'occupation du sol. CLC, conçue initialement pour cela, met en effet aisément en évidence les zones à fort changement, avec déjà 20 ans de recul, en présentant un état de l'occupation du sol de l'ensemble de la France à trois dates (1990, 2000 et 2006). Cette information pourrait donc permettre de rechercher également les zones les plus probables d'éventuelles déviations de séries de végétations et permettrait surtout de stratifier le travail de terrain nécessaire à la validation des cartes de travail obtenues (entre zones plus stables et zones plus dynamiques notamment).

L'ensemble de ce travail de va-et-vient entre le SIG et le terrain pourrait alors permettre d'obtenir une carte provisoire des végétations probables où les polygones vérifiés sur le terrain seraient assortis d'une probabilité égale à '1' pour les types de végétations et d'habitats attestés, suivant le même principe que concernant la remobilisation des cartes et données d'observations existantes (partie C. 2.1.2.1), avec une attention prioritaire pour les habitats d'intérêt communautaire. Les polygones présentant exactement les mêmes caractéristiques dans le SIG pourraient, par extrapolation, se voir attribuer des probabilités élevées en rapport avec le nombre de polygones du même type vérifiés au sol. Des polygones présentant des caractéristiques sensiblement différentes pourraient eux se voir attribuer des probabilités d'affectation sensiblement moindre pour la présence supposée de types de végétations et d'habitats considérés.

A noter que la mosaïque cartographique des végétations probables, pourra ainsi, pour certains types d'habitats (en particulier ceux pour lesquels une forte probabilité de présence aura été établie), alimenter la cartographie des végétations d'intérêt communautaire destinées à l'évaluation de l'état de conservation.

Réciproquement, cette cartographie des habitats d'intérêt communautaire pourra elle contribuer à renseigner les probabilités d'affectation des divers polygones de la mosaïque cartographique.

Ces deux approches complémentaires (2.1.2.1 et 2.1.2.2) de remobilisation et d'extrapolation permettront ensuite de renseigner la présence (et l'absence) de chaque habitat d'intérêt communautaire dans les polygones du 'fond blanc'. Une probabilité de cette présence ou de cette absence (présence actuelle attestée d'une végétation ou d'un habitat dans un polygone = probabilité '1' de présence et '0' d'absence, et inversement) sera établie pour chaque polygone du 'fond blanc' suivant des règles de décisions qui restent à définir (date d'observation, effort d'inventaire, proximité à un autre polygone de forte probabilité de présence, pourcentage de recouvrement d'un polygone d'origine plus étendu que le polygone du 'fond blanc', pertinence et robustesse de la modélisation de niche...).

En fait, ces deux approches cartographiques mobilisent en partie les mêmes sources de données et de mêmes méthodes statistiques pour les analyser et vont de paire. La restitution de ces couches cartographiques pourra d'ailleurs se faire conjointement : un système d'habitats d'intérêts communautaires pointés sur une mosaïque cartographique surfacique probabiliste.

La restitution de cette Carte de France des végétations probables, portant à minima sur les habitats d'intérêt communautaire présents en France, pourra ainsi être envisagée pour fin 2012 (pour certains types de végétations et habitats, au moins). Elle constituera un produit fini à vocation provisoire, dans l'attente d'une nouvelle Carte de France des végétations observées au 1 / 50 000, avec un premier objectif dans ce cas de couverture complète à horizon 2018 (voir Partie C.2.2).

Une première version de travail de cette cartographie par affectation statistique au 'fond blanc' devra être d'abord confrontée à la réalité du terrain pour en valider la méthode grandeur nature, vérifier la pertinence des probabilités et pour un complément direct de terrain pour les polygones ne bénéficiant d'aucune information. En fonction de la couverture obtenue, une prospection de terrain supplémentaire sera réalisée en deuxième étape afin de rechercher des communautés peu ou pas détectées par la méthode et de compléter la couverture des polygones (polygones peu ou pas informés). Un bilan qualitatif et chiffré des prospections devra être réalisé.

2.1.3. Préparer et structurer le fond de carte

Un fond cartographique vierge ('Fond Blanc'), sera élaboré en parallèle du travail de définition typologique (2.1.1) et de la remobilisation des cartes et données existantes (2.1.2), de manière à servir de support aux observations de la cartographie de terrain, ainsi qu'au renseignement et à la restitution de l'information. Plusieurs approches de 'détourage' sont possibles et devront être testées. Ce 'fond blanc' emboîté devra dans tous les cas être élaboré par identification à différentes échelles successives d'unités paysagères et de physionomie des végétations, soit i) par délimitations « géométriques » manuelles ou à l'aide de logiciels d'analyses d'images orientés objets (segmentation), télédétection puis travail de terrain sur la base d'images satellites et/ou de photo-aériennes, soit ii) par délimitations « écologiques » par croisement d'une couche d'occupation du sol avec d'autres couches d'informations environnementales géolocalisées, soit iii) par combinaison entre approche « géométrique » et approche « écologique » avec renseignement d'un système expert capable d'intégrer ces différents aspects. Les différentes options possibles sont présentées ci-dessous avec leurs limites et leurs avantages et resteront à tester et choisir en fonction de leur adéquation à la réalité du territoire à cartographier et des considérations opérationnelles.

2.1.3.1 Délimitations « géométriques » - par photo interprétation et/ou prospection de terrain

Les polygones du 'fond blanc' sur lequel seront reportés les types de végétations, peuvent être délimités à partir d'une lecture visuelle d'images satellitales ou, également, des ortho photographies aériennes au 1/25 000 (IGN).

La préparation du 'fond blanc', qui pourra ultérieurement être découpé en dalles pour faciliter la manipulation sur le terrain, réclame ici plusieurs photo interprètes régionaux, qui possèdent une bonne connaissance des végétations et de leurs structures et textures identifiables sur les images satellites et/ou photographies aériennes. Cette expertise est essentielle à ce stade car elle fiabilise beaucoup

l'interprétation des images et le détourage des polygones. Le métier de photo-interprète est aujourd'hui devenu rare. En France, les équipes de l'Inventaire Forestiers national (IFN) recourent toujours à de la photo-interprétation pour la cartographie du « fond vert » commun IGN/IFN. La carte Corine Land Cover est aussi établie de cette manière en recourant à l'expertise de quelques photo-interprètes travaillant en bureaux d'études. Pour la cartographie des habitats de Catalogne au 1 / 50 000 (1998-2004), le groupe de Géobotanique de l'Université de Barcelone a également développé cette compétence pour des milieux méditerranéens sur fond d'images satellites. Cette approche peut également être complétée et/ou vérifiée par des observations directes de terrain.

2.1.3.2. Délimitations environnementales et écologiques

Le détourage d'un fond de carte peut également consister à systématiser le processus de délimitation des polygones en croisant (dans un SIG) des couches d'informations discriminantes (couches géologiques, courbes de niveaux, hydrographie...). Dans la mesure où ces délimitations reposent sur la qualité des couches d'informations utilisées, une expertise du terrain est là aussi nécessaire en amont, et des tests de validité sont ensuite nécessaires avant de généraliser le processus à l'ensemble du territoire. Ces étalonnements et tests doivent être répartis sur des portions représentatives du territoire selon les différentes conditions géographiques et les grands types de milieux et couvertures végétales, notamment : zones littorales (sableuses, rocheuses, estuariennes), zones de plaine avec végétations forestières (en choisissant des secteurs pour les différents types forestiers), zones de plaine avec végétations pastorales et labours dominants (en sélectionnant différentes régions), zones humides de plaine, grandes vallées alluviales, zones humides de montagne, zones forestières et pastorales de montagne dans les massifs vosgien, jurassien, central, alpin et pyrénéen, zones de forêts et garrigues méditerranéennes, zones humides méditerranéennes...

La base de ces délimitations, comme dans le processus par photo interprétation visuelle, peut être Corine Land Cover ou le 'fond vert' de l'IFN, notamment, ou bien encore le Registre Parcellaire Graphique, auxquels on superpose d'autres couches d'informations environnementales spatialisées. Ces couches peuvent être différentes en fonction de la nature des végétations à discriminer, de la région géographique considérée, ainsi que des couches cartographiques disponibles (par exemple les données géologiques, ou pédologiques, ne sont pas toutes homogènes à l'échelle nationale pour des résolutions fines). De ce fait, un calage par zone géographique et type de végétations est nécessaire ainsi qu'une harmonisation des délimitations réalisées pour obtenir des raccords cohérents sur le fond de carte d'ensemble. Pour les autres fonds SIG utilisables, il conviendra de définir les couches utiles de façon à couvrir la plus grande partie de la France en identifiant leur utilisation pour les différentes régions tests définies et leur possibilité de généralisation.

Une phase de validation de terrain destinée à vérifier la cohérence des délimitations devra dans tous les cas être réalisée. Cette phase permettra notamment d'identifier les cas où les polygones ne seront pas correctement délimités et où une phase de correction par photo interprétation ou ajustement de terrain sera nécessaire.

2.1.3.3 Délimitations semi automatiques et classification par système expert

Dans le processus cartographique proposé, il s'agit d'affiner et de renseigner le détournage des polygones par de l'information la plus fine possible de manière à pouvoir caractériser et classifier les polygones en fonction de la nature des végétations aux niveaux phytosociologiques les plus précis possibles.

Dans les deux méthodes proposées précédemment, la phase de réalisation la plus longue est celle relative à la photo-interprétation systématique et/ou à la prospection de terrain. Le processus semi-automatique envisagé ici repart d'une combinaison entre les deux approches de délimitations ('géométrique' et 'environnementale') présentées plus haut (2.1.3.1 et 2.1.3.2) dans des proportions qui restent à tester et préciser. L'approche 'experte' consiste en outre à utiliser des cartographies existantes de la végétation réalisées par observation directe à des échelles fines (sites Natura 2000, Znieff...) pour apporter une couche d'information relative à la description souhaitée *in fine* de la Carte de France des végétations (avec dans notre cas, le niveau de l'alliance ou des groupes d'alliances phytosociologiques) puis à référencer et ajuster les polygones décrits préalablement par délimitation géométrique et environnementale en intégrant les différentes informations d'ordres écologique et géographique disponibles sur la plus grande partie ou la totalité du territoire. Une fois ces polygones référencés, on généralise le croisement aux différents polygones détournés sur la base de leurs caractéristiques géométriques et environnementales. En confrontant ce résultat à un système expert décrivant les paramètres écologiques et géographiques des différents types de végétations rencontrés, on peut calculer alors la probabilité d'ajustement nécessaire pour chaque polygone en fonction des différents types de végétations attendus, et organiser ainsi le travail de terrain d'affinage puis d'édition du 'fond blanc'.

Cette méthode par délimitations semi automatiques présente l'avantage, une fois les calages régionaux réalisés, d'économiser beaucoup de temps pour la réalisation du 'fond blanc' en réduisant le recours à une photo-interprétation exhaustive. Elle est utilisée pour beaucoup de cartographies à l'échelle nationale (IFN, IGN, CLC...). Dans ces réalisations, il faut toutefois noter qu'il s'agit soit de cartes thématiques restreintes à certains types de végétations, soit d'occupation du sol, et que les échelles de travail des délimitations se situent souvent au delà du 1/25 000. La généralisation d'un tel processus à l'ensemble des végétations et pour les échelles considérées ici présente donc un caractère expérimental. Dans l'absolu, la méthode présente l'avantage d'être facilement reproductible et donc de permettre des comparaisons lors des mises à jours ultérieures par généralisation du modèle de détournage. C'est pourquoi nous recommandons de s'appuyer sur les organismes ayant une expérience dans ce type de traitement.

Une fois le 'fond blanc' (toujours 'vierge') prêt, il pourra servir de référentiel cartographique, au même titre que les maillages 10x10 ou 5x5 km en Lambert 93 par exemple, pour des restitutions d'informations naturalistes géolocalisées et/ou cartographiées plus généralement que pour le seul programme visé ici.

Il pourra en outre notamment être édité i) comme support à la présentation de la cartographie provisoire des végétations probables (2012), et ii) plus encore afin de constituer un 'fond de carte' pré-rempli pour la Carte de France des végétations observées (horizon 2018). Ce fond de carte sera ainsi constitué du 'fond blanc', immédiatement pré-rempli par renseignement des seuls polygones dont la nature est déjà connue (sur la base des cartes et inventaires existants et/ou du travail de terrain complémentaire réalisé durant l'étape de mise au point (2010-2012-2013)).

Les règles de pré-remplissage de ce 'fond de carte' sont envisagées ci-dessous (partie C.2.2.1). C'est ce 'fond de carte' pré-rempli qui servira de support aux observations complémentaires pour aboutir à une couverture cartographique observée de l'ensemble du territoire (cf. partie C.2.2 ci-dessous).

2.2. Carte de France des végétations observées (horizon 2018)

La Carte de France des végétations observées, restituable au 1/50 000 vise à être finalisée pour 2018. Elle sera fondée sur la typologie phytosociologique, les unités de végétations étant identifiées au rang de l'alliance et de la sous-alliance. La carte sera ainsi réalisée suivant la typologie des unités de végétations cartographiables (UVC), par renseignement du 'fond de carte' (ou 'fond blanc' pré-rempli, voir 2.1.3 ci-dessus) ayant directement bénéficié de la remobilisation des informations validées (probabilité 1) dans la pré-cartographie des végétations attendues (2012) qui devra à partir de là être complété par des observations directes (de terrain et photo-interprétation) d'ici 2018 pour l'ensemble des autres polygones, avant une phase de validation et d'agrégations.

2.2.1 Phase d'organisation

Les règles de réaffectation au 'fond blanc' des polygones validés (probabilité 1) lors de l'établissement de la pré-cartographie des végétations attendues devront être fixées en fonction du taux de recouvrement et d'intersection des polygones (carte provisoire vs 'fond blanc'), pour préremplir de façon rigoureuse et documentée ce 'fond de carte' à compléter.

Une sélection des secteurs à cartographier en priorité sera réalisée, suivant une stratification du territoire, afin d'optimiser la campagne de terrain. Cette sélection éliminera les zones fortement artificialisées, et dans un premier temps les superficies déjà cartographiées dans le cadre d'autres projets. En fonction des résultats des tests de télédétection, les communautés pour lesquelles la photo-interprétation se révèle suffisamment fiable seront aussi écartées des superficies à prospecter directement sur le terrain.

Le 'fond de carte' et ses formats de terrain (papier ou numérique) devront permettre de renseigner des végétations 'verticales', présentes par exemple sur des falaises ou parois rocheuses.

2.2.2. Phase de terrain

Une fois le fond de carte établi et les zones de prospections définies, il s'agira d'avoir un contact visuel avec l'ensemble des polygones délimités et sélectionnés afin de leur affecter la nature des types de végétations observés. Dans la pratique, l'observateur de terrain visitera physiquement un certain nombre de polygones où il relèvera la végétation en place (relevés phytosociologiques ou listes d'espèces) en rattachant la végétation notée à un type d'UVC défini. Les polygones voisins du secteur présentant la même composition végétale pourront être rattachés par extension à l'unité de végétation

observée après parcours et contact visuel (sans faire systématiquement l'objet de relevé de végétations). Afin de permettre un contrôle a posteriori, un échantillon représentatif de chaque type d'unité de végétation relevé devra faire l'objet de relevés phytosociologiques. Les relevés seront bien sûr localisés très précisément et affectés à un polygone donné. La nature de l'observation de chacun des autres polygones ('parcours', 'contact visuel direct', 'à la jumelle!...') devra être renseignée. Les polygones présentant des cas litigieux de rattachement phytosociologique à une unité de végétation définie (UVC) feront l'objet d'un relevé phytosociologique de végétation et d'un relevé symphytosociologique en cas d'unité composite.

Les végétations étendues et les complexes de végétations seront cartographiés sous forme de polygones. Les végétations restreintes, ponctuelles ou linéaires seront matérialisées par des levées au GPS sous forme de points ou de lignes.

Le groupe de travail national (GT-VEGE) comprenant au moins un coordinateur de chaque équipe régionale sera chargé s'assurer la conformité et la bonne compréhension et application de la méthodologie de collecte des données sur le terrain. Pour cela, des sessions pratiques de terrain seront mises en place au début de chaque campagne de terrain avec chaque équipe régionale. Ces sessions pourront être organisées par région biogéographique pour donner plus de cohérence à la cartographie.

Le calendrier des prospections de terrain pourra être organisé par priorités. En premier lieu, les différentes séries et les différentes communautés végétales des stades dynamiques associés présentant un intérêt patrimonial (au regard de la directive « Habitats », de la rareté des types de végétations ou des espèces qu'ils sont susceptibles d'abriter), feront l'objet d'un ciblage particulier afin de concentrer les efforts sur les secteurs présentant le plus d'enjeu patrimonial pour la végétation. Des prospections plus systématiques du territoire suivant le découpage cartographique pourront aussi avoir lieu. Les phases de tests et de calage 2010-2012 pourront permettre de préciser la méthode la plus appropriée en fonction aussi des régions et expertises considérées.

Les levés de végétations auront lieu au moins à l'échelle du 1/25 000 sous format numérique géo référencé. Afin de faciliter la cartographie, le renseignement des polygones du 'fond de carte' pourra s'accompagner d'un ajustement des limites directement sur le terrain, sur la base des observations « géométriques » directes et sur d'autres couches éventuelles (fonds d'imagerie aérienne, de topographie et de géologie...).

Les données collectées devront faire apparaître de manière claire les validations ou éventuelles modifications apportées par rapport au 'fond blanc' qui pourra d'ailleurs ainsi être affiné avec des versions successives.

2.2.3. Phase de validation

Les levées de terrain seront regroupées dans une table attributaire gérée par chaque coordination interrégionale et feront l'objet d'une validation topologique et syntaxonomique.

Dans les cas où la couverture végétale est relativement homogène sur une portion de territoire (et pour des végétations variant peu dans l'espace, comme certaines associations forestières), l'observateur

pourra éventuellement extrapoler ses observations à des polygones voisins présentant les mêmes caractéristiques de terrain et de couverture végétale sans avoir systématiquement parcouru le terrain, lors d'une phase de validation de la carte sur SIG (par photo-interprétation « de retour du terrain »). Lors de l'affectation du type de végétation dans la table, la nature de l'observation (relevé, contact visuel ou photo-interprétation) sera précisée. Cette méthode présente le grand avantage d'identifier le niveau de fiabilité de chaque polygone de la carte.

Lors des mises à jours ultérieures ou de travaux complémentaires, il sera alors aisé de renseigner les polygones les moins fiables au fur et à mesure et d'augmenter ainsi le niveau de fiabilité de la carte progressivement.

Les informations collectées, une fois validées localement, dans chacune des composantes du système d'information distribué SI-VEGE alimenteront la base de données nationale sur la végétation (BD-VEGE).

Les couches interrégionales feront l'objet d'une harmonisation par juxtaposition. Toutes les modifications de contour ou d'attribut sur la couche cartographique nationale devront être faites en correspondance avec les équipes interrégionales de manière à garantir l'homogénéité de l'information dans l'ensemble des bases de données pour une même information d'origine.

Après validation des données, la Carte de France des végétations pourra être publiée sous les différents supports souhaités et imaginables (papier, numérique, web interactif, y compris en trois (3D) ou quatre (4D) dimensions...), avec indication souhaitable du niveau de fiabilité des données.

Cette cartographie des végétations naturelles et semi-naturelles et ses différentes restitutions devront être compatibles avec les référentiels cartographiques en vigueur, et en particulier le référentiel cartographique national de l'IGN. Elle devra aussi pouvoir être associée aux cartographies des milieux urbains et des terres artificialisées et d'agriculture intensive notamment, afin d'offrir une cartographie complète et cohérente du territoire.

2.3. Cartographie fine des végétations et habitats des sites naturels à haute valeur patrimoniale

La Carte de France des végétations au 1/50 000 sera un support d'aide à la décision pour l'aménagement du territoire à des échelles (inter)nationale à régionales. Elle ne permet toutefois pas de répondre à l'ensemble des besoins de connaissance et de conservation du patrimoine naturel relatif aux végétations. La conservation des habitats d'intérêt communautaire, la protection de sites abritant des écosystèmes ou des paysages particuliers ou originaux, la nécessité de gestion des milieux naturels rares et menacés et le suivi de leur évolution dans le contexte du changement global imposent d'autres échelles d'analyse. C'est pourquoi la cartographie précise de l'ensemble des sites et/ou végétations d'intérêt patrimonial est une composante indispensable de la Carte de France des végétations. Plusieurs initiatives déjà en cours permettent de disposer d'une information sur les végétations de tels sites. Nous proposons que soit systématisée cette démarche pour la France en ciblant prioritairement, outre les sites du réseau Natura 2000 pour lesquels la cartographie est une obligation réglementaire, les ZNIEFF ainsi que l'ensemble des espaces naturels sensibles et protégés. Tout au long du processus de réalisation et d'analyse de la Carte de France des végétations, il sera possible de compléter et d'actualiser la liste des sites à enjeux à cartographier.

Pour affiner la cartographie des végétations à des échelles plus fines et selon un niveau d'information typologique plus précis (niveau association végétale/faciès) pour l'ensemble des sites d'intérêt patrimonial en France (notamment les sites d'importance communautaire), nous proposons de reprendre et d'adapter le cahier des charges proposé pour la cartographie fine des sites Natura 2000 par le MNHN-SPN et la FCBN en 2005 (Clair et al. 2005).

Ces cartes de végétations de sites d'intérêt patrimonial à des échelles plus précises, centralisées en continu par les équipes inter-régionales, alimenteront le système d'information SI-VEGE et pourront être consultés sous forme de « zooms » à partir de la BD-VEGE (qui en contiendra au moins les emprises géographiques et une possibilité de lien vers les données originales).

2.4. Ré-actualisation de la Carte de France des végétations observées (horizons 2024, 2030...)

Une fois la Carte de France des végétations établie, elle devra pouvoir être réactualisée de façon régulière voire continue. Compte tenu des pas de temps en jeu dans l'évolution des végétations et du territoire ainsi que des rythmes de mise à jour des programmes européens ou nationaux, nous proposons un pas de temps de ré-actualisation complète de 5 à 6 ans. Cette ré-actualisation devra permettre non seulement d'ajuster la carte aux évolutions survenues dans le paysage mais aussi de gagner en précision. Les parties de territoire et les types de végétations les moins bien connus seront ciblés en priorité. L'objectif d'un contact visuel avec l'ensemble des polygones pourrait aussi être visé à l'horizon de la première mise à jour (afin notamment de garantir plus encore un éventuel caractère 'opposable' de la cartographie observée).

Toute cette information observée permettra la poursuite de mise au point de méthodes de télédétection et de prédiction des végétations par traitement semi-automatique d'images en permettant notamment des croisements avec des bases de données écologiques sur les végétations et les composantes environnementales du territoire. En effet, la première Carte de France des végétations observées à l'horizon 2018 représenterait un 'échantillonnage' grandeur nature et sans précédent de l'ensemble du territoire et des végétations à même de permettre un calibrage très fin des méthodes de télédétection, dont on peut en outre prédire qu'elles se seront encore enrichies d'ici là de nouveau moyens de calculs et accès à des signaux aériens ou satellitaires toujours plus fins. Ainsi, on peut envisager que dès la période 2018-2024, il soit possible de recourir à la télédétection pour identifier (semi)automatiquement au moins les zones en changement, jusqu'à des niveaux assez fins de polygones cartographiés. La période 2024-2030 permettra elle peut-être de détecter directement les changements de nature des végétations.

La réactualisation de la cartographie permettra enfin plus largement de répondre de façon récurrente et à chaque fois améliorée et affinée aux obligations de la Directive européenne Inspire et aux objectifs en France de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN), du Système National sur la Nature et les Paysages (SINP) et de l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB) en matière de données concernant la diversité d'habitats végétaux. Elle pourrait en outre alimenter les autres programmes et réseaux d'études et de recherches dans le même sens de connaissance et suivi toujours améliorés.

Des points et sites de contrôle permanents au sol pourraient aussi être suivis dans le temps

3. La Carte de France des végétations comme base aux programmes d'inventaire et de suivi de la biodiversité

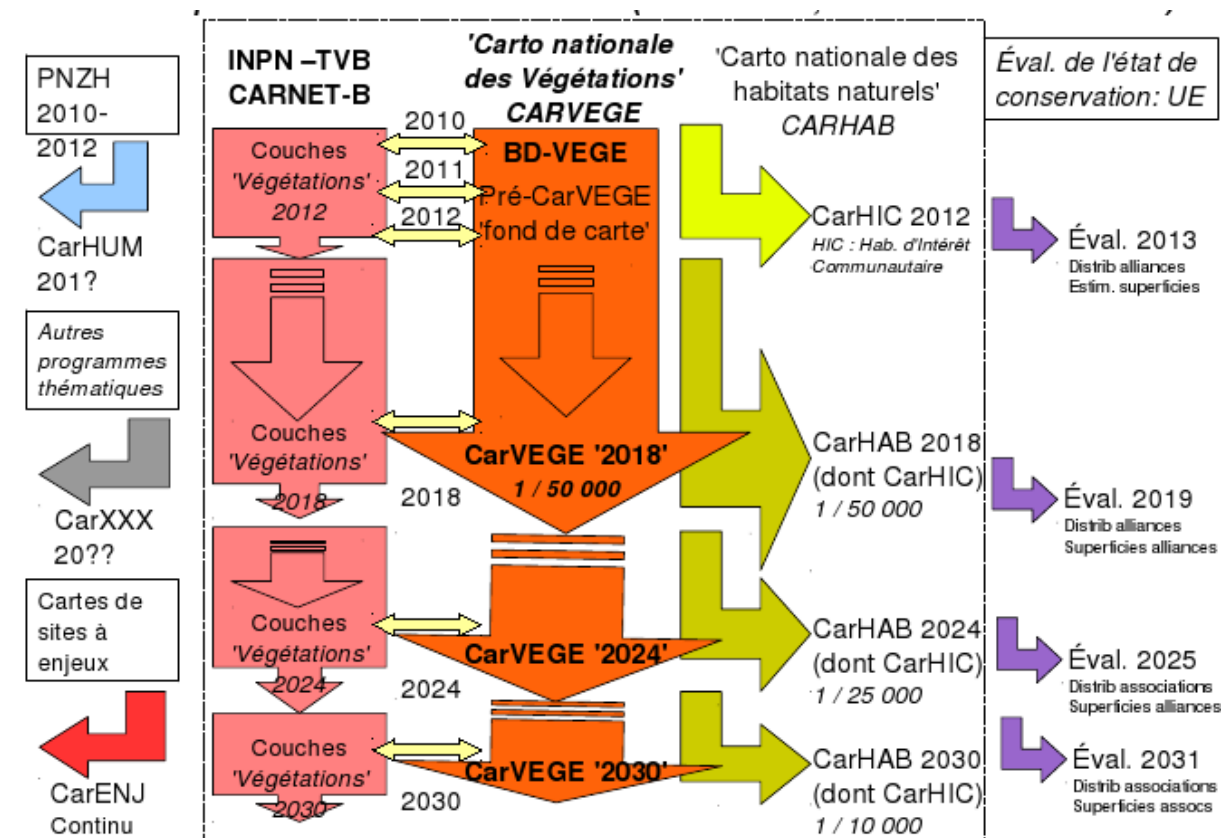


Figure 37 - Place du programme de cartographie nationale des végétations au regard de divers autres programmes et échéances nationales et européennes.

3.1. Contribution à l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire

L'un des tous premiers objectifs de la Carte de France des végétations est d'apporter une contribution robuste à l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire (HIC), avec i) l'aire de répartition des habitats naturels, ii) leur distribution et iii) une estimation des superficies qu'ils occupent. Dans ce cadre, disposer d'une Carte de France des végétations permettra de renseigner en partie ces paramètres du rapport demandé par la Commission européenne, sous la forme suivante :

- production de cartes de distribution en présence/absence par mailles 10 x 10 km (dans le référentiel géographique ETRS 89-LAEA et/ou Lambert 93) des habitats d'intérêt communautaire (HIC, nomenclature Natura 2000) ;
- estimation des superficies occupées par ces habitats dans chaque domaine biogéographique.

A terme (horizon 2019), il sera possible d'appliquer la grille par mailles 10 x 10 km sur la Carte de France des végétations pour obtenir des cartes d'habitats d'intérêt communautaire et d'exploiter directement les données compilées pour produire des informations surfaciques. Cela dit, tous les habitats d'intérêt communautaire ne seront pas traités ou ne le seront que partiellement compte tenu des spécificités de la typologie Natura 2000 et des problèmes posés par la mise en correspondance entre la typologie de la Carte de France des végétations et la typologie Natura 2000. Par ailleurs la prochaine évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire, couvrant la période 2007-2012, doit être remise à la Commission européenne en 2013. Compte tenu de cette échéance proche, la Carte de France des végétations observées (2018) ne sera pas encore disponible. Pour ce prochain exercice, la contribution du programme de cartographie à l'évaluation de l'état de conservation passera donc par une exploitation directe des informations existantes (données d'inventaire, cartographies...) compilées dans le SI-VEGE et par la mobilisation des outils de préparation à la réalisation de la Carte de France des végétations.

Pour la distribution des habitats, il s'agit, chaque fois qu'un habitat naturel est présent dans le périmètre délimité par une maille de 10 x 10 km de la grille française, d'identifier la présence de cet habitat dans la maille. Ce type de représentation cartographique est utilisé classiquement pour produire des atlas de distribution de la faune et de la flore (voir par exemple les cartes du Livre rouge de la flore de France – Olivier et al. 1995,...). Encore peu utilisé pour les habitats, un projet de cartographie de ce type est néanmoins en cours sur le territoire des Conservatoires botaniques nationaux Alpin et du Massif central, en région Rhône-Alpes. Cette approche a également été appliquée pour évaluer la distribution potentielle d'habitats par régions naturelles notamment en Suisse.

À l'heure actuelle, il n'existe pas de carte nationale de distribution des habitats d'intérêt communautaire fondée sur des données de terrain précises. Les données actuelles présentes dans la base Natura 2000 donnent un aperçu général de la distribution des habitats par la localisation des emprises générales des sites comportant un habitat donné (même si celui-ci n'est présent que sur une partie du site). Les cartes des Cahiers d'habitats illustrent la répartition globale des habitats, mais, réalisées par des experts sur des fonds de cartes 'papier', elles ne s'appuient pas sur des jeux de données géoréférencées. Les cartes réalisées pour le rapport 2007 de l'évaluation de l'état de conservation sont faites d'après celles des Cahiers d'habitats, complétées par des données de la base Natura 2000 de l'époque et corrigées le cas échéant par avis d'expert. L'objectif central est donc ici de produire des cartes plus précises et rigoureuses s'appuyant autant que faire se peut sur des données de terrain géoréférencées.

3.1.1. Questions typologiques

Parmi les 231 habitats d'intérêt communautaire listés en annexe I de la directive « Habitats » (92-43-CEE) 131 sont présents en France (cf. Annexe 1).

Plusieurs d'entre eux ne sont pas visés par notre cadre méthodologique, notamment :

- 7 habitats marins (UE 1110 à 1170 et UE 8330) ;

- 2 habitats non végétalisés : UE 8310 « Grottes non exploitées par le tourisme » et UE 8340 « Glaciers permanents »).

D'autres habitats ne peuvent être identifiés selon une logique purement phytosociologique : par exemple les 'déhésas' (UE 6310), formations à chênes sempervirents (*Quercus spp.* L.) qui répondent à une approche paysagère, ou les pavements calcaires (UE 8240) dont le déterminisme premier est d'ordre géomorphologique.

Ajoutons que le passage des unités cartographiables de la Carte de France des végétations, ou même plus simplement des unités du Prodrome des végétations de France, aux habitats d'intérêt communautaire n'est pas toujours possible de manière directe: par exemple quand interviennent des critères non floristiques ou encore dans le cas de recouvrements entre habitats d'intérêt communautaire (cf. A.1.2.).

Enfin, se pose la question de la prise en compte, lors de la cartographie nationale, d'habitats de taille très restreinte, telles que les sources tufeuses (UE 7220).

Ainsi le cadre méthodologique présenté ici devra être complété par des approches spécifiques pour certains habitats, en particulier les habitats non-végétalisés et/ou souterrains, en faisant appel à des spécialistes et experts de ces milieux et en proposant des modalités de représentation adaptées de l'information.

3.1.2. Contribution à l'évaluation de 2013

Comme précédemment indiqué, afin de produire des cartes par mailles d'habitats d'intérêt communautaire pour contribuer à l'évaluation 2013, nous proposons de nous appuyer sur les données existantes recueillies et sur les travaux préparatoires à la Carte de France des végétations. Il s'agira là d'un travail de croisement dans un SIG où chaque fois qu'un habitat est présent dans le périmètre délimité par une maille de 10 x 10 km, la présence de cet habitat est affectée dans la maille.

Pour ce faire nous utiliserons différentes sources d'information, directes et indirectes, collectées lors de la phase de mobilisation de l'existant (cf. paragraphe C.2.1.).

Elles correspondent normalement à des observations de la végétation en place. Pour les données relevant d'autres typologies que Natura 2000, des correspondances peuvent déjà figurer dans les tables attributaires. En leur absence une mise en correspondance est nécessaire, elle devra notamment prendre en compte les critères non floristiques nécessaires à la définition de certains habitats. Bien entendu, seules les données correspondant à des habitats Natura 2000 seront à prendre en compte ici.

En complément de ces données directes, et notamment pour les mailles pour lesquelles aucune ou peu de données directes sont disponibles, il est possible d'envisager l'utilisation de données indirectes, en l'occurrence de données floristiques, pour prédire la présence de communautés végétales. Cet aspect est développé au paragraphe C.2.1.

En fonction de l'avancement du travail de l'étape 2.1 (constitution d'une pré-carte des végétations attendues), d'autres données pourront être utilisées pour compléter/valider les mailles, voire fournir des informations sur le recouvrement surfacique des habitats.

CarHIC : Carte des probabilités de présence et d'absence des habitats d'intérêt communautaires 2012

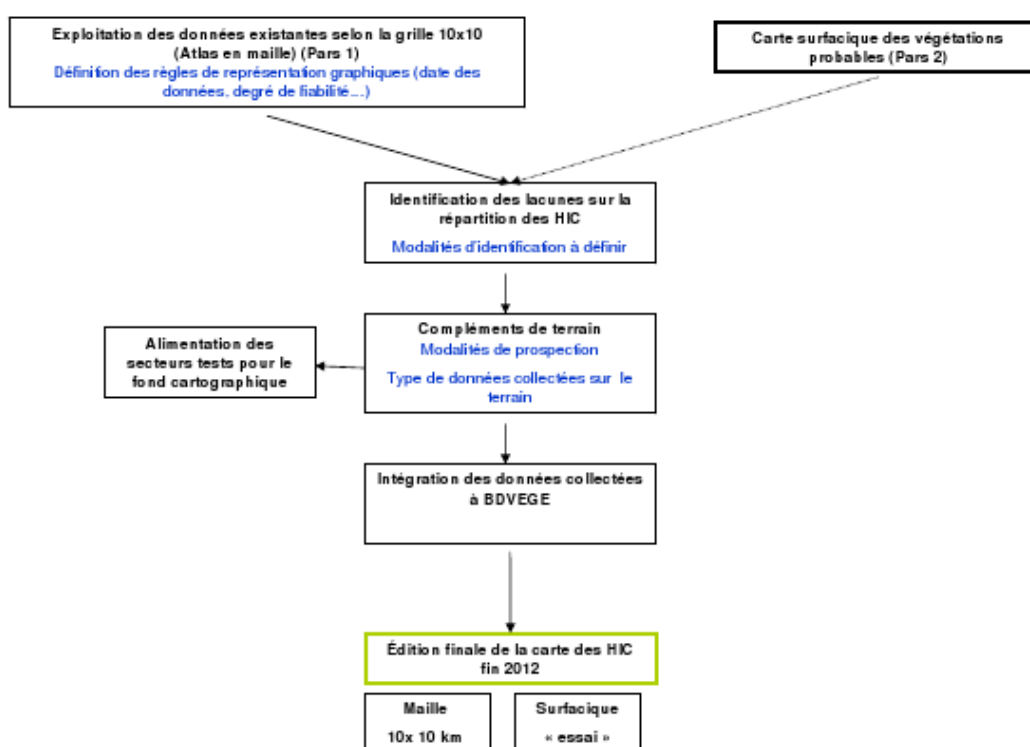


Figure 38 - Schéma d'organisation pour la contribution à l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire de 2013

Une couche SIG de « données habitats d'intérêt communautaire » ('CarHIC') sera créée à partir de cet ensemble de données. Elle permettra d'éditer des cartes provisoire de distribution des habitats d'intérêt communautaire par mailles 10 x 10 km. L'examen de ces cartes aboutira à une identification des lacunes. Les mailles partiellement renseignées ou vides devront être complétées par des inventaires et/ou des cartographies de terrain selon une méthodologie à préciser. Ceux-ci devront être articulés avec le terrain nécessaire à l'élaboration de la Carte de France des végétations.

De manière plus globale, un approfondissement méthodologique devra être mené de manière à circonscrire les données utiles à ce travail et à déterminer à partir de quel moment une maille peut être

considérée comme couverte. Des tables attributaires devront permettre d'identifier les sources des données et ainsi d'estimer leur fiabilité (présence attestée dans une maille, déduite sur la base de données floristiques, donnée issue d'une mise en correspondance...). Il est à noter que la grille est à remplir en présence/absence, les « données » d'absence sont donc à renseigner également.

Les données recueillies et produites alimenteront la base BD-VEGE. Elles permettront l'édition de cartes de distribution des habitats d'intérêt communautaire qui seront transmises aux experts sollicités dans le cadre du programme d'évaluation de l'état de conservation.

Les modalités précises de ce travail parallèle de préparation des outils et éléments nécessaires à l'évaluation de l'état de conservation doivent être précisées par ailleurs et en adéquation avec la présente proposition de cartographie.

3.2. CARtographie Nationale des Enjeux Territoriaux de Biodiversité remarquable (CARNET B)

Le projet 'CARNET B' vise à obtenir à moyen terme (10 ans) une cartographie de tous les éléments de biodiversité remarquable au niveau national.

Le champ de biodiversité couvert par ce projet n'est **pas totalement stabilisé** (méthodologie en cours de réalisation par le MNHN/SPN, avec la FCBN et les CBN pour la flore et les habitats). A minima, seront pris en compte :

- les habitats Natura 2000 et habitats prioritaires ;
- les habitats déterminants ZNIEFF ;
- les habitats déterminants 'trame verte et bleue' (TVB) ;
- les espèces protégées (faune, flore et fonge) ;
- les espèces identifiées comme menacées, en danger ou vulnérables par les cotations des Listes Rouges de l'UICN ;
- les espèces déterminantes ZNIEFF.

Les DREAL seront impliquées pour adapter cette liste à leur contexte local et identifier des éléments qui seraient à prendre en compte soit régionalement, soit nationalement.

Cette cartographie 'CARNET-B' s'intéresse à ce stade à l'ensemble du **territoire métropolitain (Corse exclue)**. Des adaptations aux spécificités de la Corse et des régions d'Outre-Mer seront nécessaires afin d'atteindre le même niveau de qualité. Elles seront étudiées dans une phase ultérieure du projet.

Dans ce cadre, une Carte de France des végétations représentera la source d'information la plus riche et complète i) pour fournir directement les informations sur les habitats (Natura 2000, déterminants Znieffs, déterminants TVB) et les taxons, en particulier flore afférents, puisque la carte renseignera directement sur les cortèges floristique en présence et donc aussi les possibles taxons rares, menacées ou déterminants présents (même si un travail spécifique d'inventaire ciblé des taxons sera aussi nécessaire), ainsi que ii) pour stratifier le travail d'inventaire pour la flore et les habitats eux-mêmes et

pour les taxons faunes (si nécessaire) et des autres groupes considérés (en particulier la fonge). Il sera en outre intéressant de profiter de la mise en œuvre de ce projet dans deux régions pilotes (Centre et Lorraine) pour tester la présente méthodologie. Concernant les inventaires faune, cette cartographie nationale permettra à terme de proposer une stratification (non prévue à ce jour) des inventaires en utilisant la végétation présente.

Par conséquent, il est souhaitable d'utiliser le projet CARNET B comme « atelier » de la cartographie nationale des végétations. Cela permettra de tester et d'adapter la méthodologie sur des zones suffisamment grandes et d'avancer concrètement sur les liens fonctionnels entre végétations et espèces (faune/flore/fonge) et cela aussi bien au niveau du recueil d'information (méthodologie d'inventaire prenant en compte le fond cartographique) que des synthèses (méthodologie de synthèse et indicateurs de connaissance générale), à rapprocher des problématiques de l'Observatoire National de la Biodiversité en lien étroit avec des équipes de recherche compétentes.

Pour cela, il faudrait avancer de front sur ces deux projets pour garder toute la cohérence nécessaire à chacune des étapes. Ces projets peuvent rapidement être « compatibles » même si sur les deux régions pilotes le recueil de la connaissance faune a commencé avant la problématique habitat.

3.3. Trame verte et bleue (TVB)

La cartographie nationale sera à terme légitimement la base de la Trame Verte et Bleue (TVB) et des Schémas Régionaux de Cohérence Écologique (SRCE) aux niveaux national et régional. Plusieurs régions ont déjà bien avancé dans l'élaboration de la TVB et de leur SRCE dont la première génération devra être finie pour fin 2012 ce qui ne permet pas pour l'instant de proposer un lien direct avec la cartographie nationale des végétations.

Par contre, l'analyse de cohérence nationale et inter-régionale de la TVB et des SRCE produits, pourra être menée avec la pré-cartographie des végétations attendue en toile de fond dès 2013, et à échéance 2018, toutes les révisions éventuelles de la TVB et des SRCE pourront s'appuyer sur la cartographie nationale des végétations observées.

3.4. Atlas de Biodiversité Communale (ABC)

L'initiative du projet 'ABC' est issue d'**un triple constat** : i) l'existence de lacunes dans notre connaissance de la biodiversité, ii) une mobilisation locale insuffisante sur ces questions dans certains territoires, et iii) une volonté de l'État de favoriser l'intégration de la biodiversité dans les politiques publiques à toutes les échelles.

Ce projet a un double objectif :

- **faire connaître** la biodiversité aux élus, aux acteurs socio-économiques, à l'ensemble de la population et ainsi susciter l'intégration des enjeux de biodiversité dans les décisions;

- améliorer et capitaliser les **connaissances** naturalistes, de manière homogène sur le territoire national.

Ce projet comporte 3 volets :

- présentation de la biodiversité dans les communes ;
- acquisition de nouvelles données ;
- sciences participatives.

Le lien avec le programme de cartographie nationale des végétations et le programme ABC porte dans un premier temps uniquement sur les deux premiers volets.

Pour le premier volet, la cartographie nationale pourrait à terme apporter des informations sur les habitats présents sur le territoire d'une commune afin d'enrichir le **portrait de biodiversité communal**.

Pour le second volet, la méthodologie d'acquisition des données « habitat » est fondée sur le guide méthodologique MNHN et FCBN de 2005 (Clair *et al.*, 2005). Il est nécessaire d'ajuster rapidement cette méthodologie pour que cette dernière soit compatible méthodologiquement et techniquement. Ce programme étant déjà bien avancé, la réflexion sur l'organisation et la compatibilité des deux projets est urgente.

3.5. Stratégie de Création d'Aires Protégées (SCAP)

Le lancement d'une stratégie de création d'aires protégées terrestres métropolitaines (SCAP) résulte de l'engagement n°74 du Grenelle de l'environnement et doit permettre, sur la base d'un diagnostic du réseau actuel, d'identifier les projets de création pour les années à venir. L'objectif final est de passer d'une logique majoritairement fondée sur l'opportunité, à une vision stratégique globale visant à combler les lacunes du réseau existant d'ici à 10 ans par la création notamment d'aires « fortement » protégées.

Les principales étapes du projet sont les suivantes :

- la conception de la liste d'espèces et d'habitats devant faire l'objet d'une prise en compte dans le diagnostic patrimonial du réseau des espaces naturels français. Elle matérialise un travail préalable qui a permis d'identifier, après consultation d'experts et du réseau d'aires protégées, les espèces et habitats pour lesquels un cadre 'surfacique' de protection semble pertinent ;
- un diagnostic du réseau des aires protégées, fondé sur la liste de travail « espèces/habitats » de la SCAP, intégrant l'information transmise par les gestionnaires d'aires protégées. Les enquêtes auprès des gestionnaires menées entre mai et septembre 2009 ont également fait l'objet d'une analyse qualitative afin d'évaluer l'état de la connaissance pour chaque espèce et habitats au sein des réseaux d'espaces protégés et notamment ceux visés par la SCAP ;
- la réalisation de fiches synthétiques individuelles pour les espèces et habitats permettant de retracer l'ensemble des données transmises. Elles ont permis l'élaboration d'une méthodologie, à partir de l'évaluation de l'état de la connaissance et des statistiques

- réalisées quant à leur présence dans les aires protégées. Elle a ensuite guidé les expertises dans l'identification des espèces et habitats susceptibles de bénéficier de la création d'aires protégées de type réglementaire visé par la SCAP ;
- les conclusions permettant de dégager une synthèse globale de ce diagnostic ainsi que les perspectives à venir.

Sur ce projet, il est intéressant de noter que l'ensemble des étapes pourront s'appuyer (pour la partie habitat) sur la cartographie nationale des végétations et le cas échéant également l'alimenter. Cette stratégie est déjà lancée. Cela étant, c'est un projet sur 10 ans et il faut désormais mettre en œuvre une articulation logique et fonctionnelle entre ces projets aussi bien en termes d'acquisition des connaissances dans les espaces protégés que pour la restitution et utilisation de l'information.

3.6. Révision des ZNIEFF

Dans le cadre de la modernisation des ZNIEFF, la cartographie nationale des végétations pourra apporter à échéance une connaissance des habitats sur chaque zone et permettra de stratifier le travail et de contextualiser la localisation et délimitation des Znieffs.

De plus, le manque de vision nationale actuel sur la problématique habitat induit des biais méthodologiques forts dans la réalisation des listes d'habitats déterminants au niveau régional. En effet, les listes d'habitats déterminants sont en cours de réévaluation dans beaucoup de régions et sont souvent fondées sur des méthodologies différentes.

Une connaissance générale des végétations en France permettra d'apporter une contextualisation de la connaissance des zones d'intérêt écologiques et une cohérence méthodologique sur ce programme. Cela étant, la 2ème génération des Znieffs étant attendue pour fin 2012 (déjà terminée pour certaines régions), l'apport de la Carte de France des végétations ne pourra concerner que les phases de mise à jour ultérieures, prévues en continu. D'autre part, l'échelle générale de restitution de la Carte de France des végétations au 1/50 000 apportera surtout des éléments généraux d'évaluation relatifs aux végétations. L'objectif de cartographie de l'ensemble des sites d'intérêt patrimonial à des échelles plus fines (de l'ordre du 1/5 000) sera ici beaucoup plus pertinente.

3.7 Autres programmes

- Les Listes Rouges « taxons »

La Carte de France des végétations peut constituer une aide et contribuer à l'amélioration de la connaissance pour l'évaluation des taxons dans le cadre des cotations listes rouges UICN notamment. Disposer d'une Carte de France des communautés végétales permettra en effet de mieux évaluer par exemple l'habitat et l'isolement des populations de taxons considérés, avec les critères et dispositifs de cotation mis en place sur de nouvelles bases plus complètes et rigoureuses.

- Les Listes Rouges « habitats »

L'UICN International a engagé une réflexion méthodologique pour l'élaboration de Listes Rouges d'habitats. La meilleure connaissance de ceux-ci et leur cartographie nationale en France permettra utilement d'alimenter et/ou tester cette démarche.

- Autres programmes à venir

Pour l'ensemble des autres programmes de connaissances nationaux (cartographie des zones humides par exemple) ou régionaux (programme d'inventaires ou de cartographie de sites divers), la Carte de France des végétations constituera une référence pour la stratification des inventaires ou comme base de la restitution.

Les programmes de recherche tout comme ceux de conservation et de préservation de la biodiversité pourront également s'appuyer fortement sur cette cartographie des végétations.

Afin d'assurer l'interopérabilité de l'information entre les différents programmes en cours, et à venir, il est important dès maintenant de prendre en compte les relations entre la cartographie nationale des végétations et ces programmes.

Il convient toutefois d'observer que chacun de ces programmes a des spécificités et des besoins propres, ainsi que des échéances pas forcément en adéquation avec le présent projet de cartographie. Il est donc important de tenir compte des problématiques générales et particulières et des compatibilités et complémentarités plus ou moins importantes de ces différents projets. Il sera donc rapidement nécessaire de rédiger des documents d'articulation entre ces différents programmes et ce dès que la méthodologie de cartographie des végétations et les échéances seront définies.

4. Perspectives immédiates de mise en œuvre.

Pour la précision et mise en œuvre dans les meilleurs délais du présent *Cadre méthodologique pour une cartographie des végétations terrestres naturelles et semi-naturelles en France (2010-2018 et au delà)*, il est maintenant nécessaire de mettre au point, rédiger et faire valider par des instances scientifiques et techniques expertes :

- Un *Plan d'action opérationnel*, détaillé et chiffré proposant les différents scénarii et calendrier possibles pour la réalisation de la présente méthode proposée en fonction des partenariats et moyens envisageables et possibles;
- Un *Guide méthodologique 'typologies'* sur les référentiels typologiques et typologies cartographiques mobilisable dans le cadre de la cartographie nationale des végétations, et permettant aussi la restitution contextualisée et ajustée aux réalités du terrain des différentes données d'inventaire du patrimoine naturel;
- Une révision du cahier des charge pour la réalisation de cartographie fine de zones à enjeux (Clair et al. 2005) et son intégration dans un *Guide Méthodologique 'cartes fines'* plus général sur la cartographie de ces sites dans le cadre du présent programme et les objectifs et critères d'analyse et validation des cartographies existantes et à venir
- Un *Guide méthodologique 'fond blanc'* sur la préparation et réalisation d'un 'fond blanc' en France, emboîté et rattachable aux typologies cartographiques retenues, et permettant aussi la restitution contextualisée et ajustée aux réalités du terrain des différentes données d'inventaire du patrimoine naturel.
- Une *Synthèse méthodologique pour la Carte de France des végétations*, résumant et articulant les différents volets du Cadre méthodologique détaillé dans les divers Guides méthodologiques listés ci-dessus.
- Un *Manuel de mobilisation de la Carte de France des végétations* pour et dans les différents programmes en cours ou à venir de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité (SNB 2011-2020) notamment.

D – BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques citées :

- Allenbach K., Lehmann A., Martin P. et Wyler N. 2009. HabitatsGE : Cartographie des habitats naturels du canton de Genève, rapport technique, mandat DGNP Genève, 80p.
- Anonyme, 2008. *Guide méthodologique. Inventaire et cartographie des habitats naturels et semi-naturels au CBNBP*. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, Paris, 27 p.
- Azuélos L., Renaud H., Ménard O. & Hendoux F., 2010. *Notice explicative des cartes habitats produites pour le Conseil général de la Seine et Marne. Qualité et exploitation des données*. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, Paris, 38 p.
- Bardat J., Bioret F., Botineau M., Boulet V., Delpéch R., Géhu J.-M., Haury J., Lacoste A., Rameau J.-C., Royer J.-M., Roux G. & Touffet J., 2004. *Prodrome des végétations de France*. Coll. Patrimoines naturels, 61. Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 171 p.
- Bensettiti F., Rameau J.-C. & Chevallier H. (coord.), 2001. « Cahiers d'habitats » *Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 1 - Habitats forestiers*. MATE/MAP/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 2 volumes : 339 p. et 423 p. + cédérom.
- Bensettiti F., Bioret F., Roland J. & Lacoste J.-P. (coord.), 2004. « Cahiers d'habitats » *Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers*. MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 399 p. + cédérom.
- Bensettiti F., Gaudillat V. & Haury J. (coord.), 2002. « Cahiers d'habitats » *Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides*. MATE/MAP/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 457 p. + cédérom.
- Bensettiti F., Boulet V., Chavaudret-Laborie C. & Deniaud J. (coord.), 2005. « Cahiers d'habitats » *Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 4 - Habitats agropastoraux*. MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 2 volumes : 445 p. et 487 p. + cédérom.
- Bensettiti F., Herard-Logereau K., Van Es J. & Balmain C. (coord.), 2004. « Cahiers d'habitats » *Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 5 - Habitats rocheux*. MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 381 p. + cédérom.
- Bioret F. & Royer J.-M., 2009. Présentation du projet de déclinaison du Prodrome des végétations de France. *J. Bot. Soc. Bot. France*, **48** : 47-48.
- Bissardon M. & Guibal L., 1997. *Corine biotopes. Version originale. Types d'habitats français*. Janvier 1997. ENGREF, Nancy, 217 p.
- Bonn, U. 1994. The Map of Natural Vegetation of Europe: International project for the construction of a map of the natural vegetation of Europe at a scale of 1:2.5 million - its concept, problems of harmonisation and application for nature protection. Working text, Bundesamt für Naturschutz (BfN). Voir : <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/digital-map-of-european-ecological-regions>
- Boulet V., 2003. *Réflexions sur la notion d'habitat d'espèce végétale*. Fédération des conservatoires botaniques nationaux, 70 p.
- Bernard-Brunet J., Luque S., Breton V., Renaud J., Roche Ph., Bouillon Ch. et Long M. 2010. *Intérêt de la télédétection pour la cartographie des habitats naturels*. Rapport d'étude. Cemagref. 96 p.

- Brut A., C. Rudiger, S. Lafont, J.-L. Roujean, J.-C. Calvet, L. Jarlan, A.-L. Gibelin, C. Albergel, P. Le Moigne, J.-F. Soussana, K. Klumpp, D. Guyon, J.-P. Wigneron, and E. Ceschia, 2009. Modelling LAI at a regional scale with ISBA-A-gs: comparison with satellite-derived LAI over southwestern France. *Biogeosciences*, **6** : 1389-1404.
- Bunce, R.G.H., Roche, P., Bogers, M.M. B., Walczak, M. DeBlust, G., Geijzendorffer., I.R., VandenBorre, J. 2010. Handbook for Surveillance and Monitoring of Habitats, Vegetation and Selected Species. Voir : <http://www.ebone.wur.nl/UK/Project+information+and+products/Habitat+Mapping+and+Recording/>
- Catteau E. *et al.*, 2002. *Cartographie évolutive des milieux naturels – Expérimentation sur le Boulonnais. Phase 3 – Mise en œuvre de la méthodologie sur l'ensemble du territoire*. 2 Vol. Pour le PNR Cap et Marais d'Opale.
- Catteau E., Duhamel F., Baliga M.-F., Basso F., Bedouet F., Cornier T., Mullie B., Mora F., Toussaint B. & Valentin B., 2009. *Guide des végétations des zones humides de la Région Nord-Pas de Calais*. Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul, Bailleul, 632 p.
- Cavaignac S., 2009. *Les sylvoécorégions (SER) de France métropolitaine. Étude de définition*. Inventaire Forestier National, convention DGFAR/IFN n°E12/06, 146 p.
- CBN Massif central, 2005. - Carte des végétations du Parc naturel du Pilat. Conseil régional de Rhône-Alpes + Notice explicative
- Choisnet G., 2003. - Catalogue des habitats naturels du Parc naturel régional du Pilat. Conservatoire botanique national du Massif central / Conseil régional Rhône-Alpes, 200 p.
- Choisnet G. & COQUET M.L., 2001. - Cartographie des habitats et de la flore remarquable d'une zone test du Parc naturel régional du Pilat. Conservatoire botanique national du Massif central / Conservatoire botanique national Alpin de Gap-Charance, Conseil régional Rhône-Alpes, Union Européenne, 81 p. + annexes I à IV
- Clair M., Gaudillat V. & Herard K., 2005 (inédit). *Cartographie des habitats terrestres et des espèces végétales appliquée aux sites Natura 2000. Guide méthodologique*. MNHN-SPN, FCBN, Paris, 62 p.
- Council of Europe and Commission of the European Communities. 1987. "Map of the Natural Vegetation of the member countries of the European Community and the Council of Europe, scale 1:3 000 000, second edition." The Office of Official Publications of the European Communities, ISBN 92-825-7265-X, L-2985 Luxembourg, 81 pp. Voir : http://www.grid.unep.ch/GRID_search_details.php?dataid=GNV154
- Delarze R., Gonseth Y. & Galland P., 1998. *Guide des milieux naturels de Suisse. Ecologie - Menaces - Espèces caractéristiques*. Coll. La bibliothèque du naturaliste, Delachaux et Niestlé, Lausanne, Paris, 413 p.
- Devilliers P. & Devilliers-Terschuren J., 1996. *A classification of Palaearctic habitats*. Nature and environment, No. 78, Council of Europe, Strasbourg, 194 p.
- Devillers P., Devillers-Terschuren J., Ledant J.-P. & coll., 1991. *CORINE biotopes manual. Habitats of the European Community. Data specifications - Part 2*. EUR 12587/3 EN. European Commission, Luxembourg, 300 p.
- Devillers P., Devillers-Terschuren J. & Vander Linden C., 2001. *PHYSIS Palaearctic Habitat Classification*. Updated to 10 December 2001. Institut Royal des Sciences Naturelles, Bruxelles.

- Dupias G. & Rey P., 1980. *Carte des régions écologiques de la France au 1/1 000 000*. CNRS, Service de la carte la végétation.
- Dupias G. & Rey P., 1985. *Document pour un zonage des régions phyto-écologiques*. Centre d'Écologie des Ressources Renouvelables, Toulouse, 39 p., 2 cartes.
- Duprez M., Lucas S. & Frémont J.-M., 2008. Nouvelle cartographie forestière. De la production à l'utilisation. *L'IF*, **20** : 1-8.
- European Commission, 2007. *Interpretation manual of European Union habitats*. EUR 27. European Commission, DG Environment, 142 p.
- European Topic Centre on Biological Diversity, 2008. *European Nature Information System (EUNIS) Database. Habitat types and Habitat classifications*. ETC/BD-EEA, Paris.
- Faroux S.; Roujean, J.L.; Kaptue. A.; Masson. V. 2009. The database of land surface parameters ECOCLIMAP-II on Europe. 9th EMS Annual Meeting, 9th European Conference on Applications of Meteorology (ECAM) Abstracts, held Sept. 28 - Oct. 2, 2009 in Toulouse, France. <http://meetings.copernicus.org/ems2009/>, id. EMS2009-199.
- Fénié B. & Fénié J.-J., 2000. *Dictionnaire des pays et provinces de France*. Éditions Sud-Ouest. 349 p.
- Forêt M., 2006. *Prétude de faisabilité pour définir un cadre géographique de référence en France métropolitaine : les sylvoécotémoins*. IFN, 94 p.
- Foucault B. de, 2009. Contribution au prodrome des végétations de France : les *Cardaminetea hirsutae* Géhu 1999. *J. Bot. Soc. Bot. France*, **48** : 49-70.
- Foucault B. de, 2010. Contribution au prodrome des végétations de France : les *Polygono - Poetea annuae* Rivas-Mart. 1975 corr. Rivas-Mart. et al. 1991. *J. Bot. Soc. Bot. France*, **49** : 55-72.
- Foucault B. de & Bioret F., 2010. Contribution au prodrome des végétations de France : les *Saginetea maritimae* Westhoff et al. 1962. *J. Bot. Soc. Bot. France*, **50** : 59-83
- Gauquelin T., Delpoux M., Durrieu G., Fabre A., Fontès J., Gouaux P., Le Caro P. & O'Donoghue M.-H., Histoire du Service de la carte de la végétation de la France 1. *La revue pour l'histoire du CNRS* [en ligne]. 2005, n°13, 9 p. Disponible sur : <<http://histoire-cnrs.revues.org/16977>>, consulté le 31 mai 2010.
- Gaussen H., 1936. Le choix des couleurs dans les cartes botaniques. *Bulletin de la Société botanique de France*, **83** : 474-483.
- Gégout J.-C., Rameau J.-C., Renaux B., Jabiol B., Bar M. & Marage D., 2008. *Les habitats forestiers de la France tempérée. Typologie et caractérisation*. AgroParisTech - ENGREF, Nancy, 720 p., 6 annexes. Version provisoire nov. 2008.
- Han K.-S., Champeaux J.-L. & Roujean J.-L., 2004. A land cover classification product over France at 1km resolution using SPOT4/VEGETATION data. *Remote Sensing of Environment*, **92** : 52-66.
- Härtel H., Lončáková J. & Hošek M. (eds.), 2009. *Mapování biotopů v České republice. Východiska, výsledky, perspektivy. I. vydání*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 195 p.
- Leguédou S., Party J.-P., Dupouey J.-L., Gauquelin T., Gégout J.-C., Lecareux C., Badeau V. & Probst A., 2009. *Réalisation d'une base de données géographiques de la végétation de la France pour la modélisation spatiale des charges critiques et des dépôts atmosphériques*. Convention n°06 62C 0056 du 14 décembre 2006, rapport final. ADEME, Paris, 81 p.
- Lepart J., 2007. *Guide du naturaliste Causses Cévennes, à la découverte des milieux naturels du Parc national des Cévennes*. Parc national des Cévennes / Parcs nationaux de France. Libris, 288 p.

- Marres P., 1972. Louis Emberger, 1897-1969. *Annales de Géographie*, **81** (448) : 748-751.
- Moré G., X. Pons, J.A. Burriel, R.Castells, J. J. Ibàñez, X. Roijals. *Generación de cartografía detallada de vegetación mediante procesamiento digital de imágenes Landsat, variables orográficas y climáticas*. 9p.
- Mücher C.A., Hennekens S.M., Bunce R.G.H., Schaminée J.H.J. & Schaepman M.E., 2009. Modelling the spatial distribution of Natura 2000 habitats across Europe. *Landscape and Urban Planning*, **92** : 148-159.
- Olivier L., Galland J-P., Maurin H. (Coord.) et Roux J-P. (Réd.), 1995. Livre rouge de la flore menacée de France, Tome I : espèces prioritaires. - Col. Patrimoines naturels, Volume 20, Série Patrimoine génétique. Paris, SPN/IEGB/MNHN, Conservatoire Botanique National de Porquerolles, Ministère de l'Environnement, Paris. 662 p.
- Party J.-P., 1999. *Acidification des sols et des eaux de surface des écosystèmes forestiers français : facteurs, mécanismes et tendances*. Thèse de doctorat, université Louis Pasteur, Strasbourg I, 247 p.
- Rey P., 2009. Histoire de la cartographie de la végétation en France. *Bulletin du Comité français de la Cartographie*, **199** : 105-115.
- Rivas-Martínez S., 1976. Sinfitosociología, una nueva metodología para el estudio del paisaje vegetal. *Ann. Inst. Bot. A.J. Cavanilles*, **33** : 179-188.
- Römermann C., Tackenberg O., Scheuerer M., May R. & Poschlod P., 2007. Predicting habitat distribution and frequency from plant species co-occurrence data. *Journal of Biogeography*, **34** : 1041-1052.
- Salmon D. 2010. Étude méthodologique de faisabilité d'une cartographie des habitats et des végétations des zones humides en France métropolitaine. *Rapport de Master 2-Professionnel Espaces et Milieux*. Université Paris 7 – FCBN. 118pp
- Tüxen R., 1977. Zur Homogenität von Sigmassociationen ihrer syntaxonomischen Ordnung und ihrer Verwendung in der Vegetationskartierung. *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.*, **19** : 379-384.
- Tüxen R., 1979. Sigmeten und Geosigmeten, ihre Ordnung und ihre Bedeutung für Wissenschaft, Naturschutz und Planung. *Biogeographica*, **16** : 79-91.
- Wasson J.-G., Chandèsris A., Pella H. & Blanc L., 2002. *Les hydro-écorégions de France métropolitaine – approche régionale de la typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d'invertébrés*. Rapport dans le cadre du programme de recherche HYDRECO, Cemagref de Lyon, 190 p.
- Weber H.E., Moravec J. & Theurillat J.-P., 2000. International Code of Phytosociological Nomenclature. 3rd edition. *Journal of Vegetation Science*, **11** : 739-768.

E – ANNEXES

Annexe 1

1: Liste des habitats d'intérêt communautaire présents en France

Source : extrait de « Service du Patrimoine Naturel, 2010. Liste des habitats d'intérêt communautaire de la directive « Habitats ». SPN-MNHN / INPN, février 2010 » (<http://inpn.mnhn.fr/isb/download/fr/refHabitats.jsp#natura>).

Code UE	Intitulé de l'habitat
1110	Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine
1120	Herbiers de posidonies (<i>Posidonion oceanicae</i>)
1130	Estuaires
1140	Replats boueux ou sableux exondés à marée basse
1150	Lagunes côtières
1160	Grandes criques et baies peu profondes
1170	Récifs
1210	Végétation annuelle des laissés de mer
1220	Végétation vivace des rivages de galets
1230	Falaises avec végétation des côtes atlantiques et baltiques
1240	Falaises avec végétation des côtes méditerranéennes avec <i>Limonium</i> spp. endémiques
1310	Végétations pionnières à <i>Salicornia</i> et autres espèces annuelles des zones boueuses et sableuses
1320	Prés à <i>Spartina</i> (<i>Spartinion maritimae</i>)
1330	Prés-salés atlantiques (<i>Glauco-Puccinellietalia maritimae</i>)
1340	Prés-salés intérieurs
1410	Prés-salés méditerranéens (<i>Juncetalia maritimi</i>)
1420	Fourrés halophiles méditerranéens et thermo-atlantiques (<i>Sarcocornietea fruticosi</i>)
1430	Fourrés halonitrophiles (<i>Pegano-Salsolietea</i>)
1510	Steppes salées méditerranéennes (<i>Limonietalia</i>)
2110	Dunes mobiles embryonnaires
2120	Dunes mobiles du cordon littoral à <i>Ammophila arenaria</i> (dunes blanches)
2130	Dunes côtières fixées à végétation herbacée (dunes grises)
2150	Dunes fixées décalcifiées atlantiques (<i>Calluno-Ulicetea</i>)
2160	Dunes à <i>Hippophaë rhamnoides</i>
2170	Dunes à <i>Salix repens</i> spp. <i>argentea</i> (<i>Salicion arenariae</i>)

2180	Dunes boisées des régions atlantique, continentale et boréale
2190	Dépressions humides intradunaires
2210	Dunes fixées du littoral du Crucianellion maritimae
2230	Dunes avec pelouses des Malcolmietalia
2240	Dunes avec pelouses des Brachypodietalia et des plantes annuelles
2250	Dunes littorales à Juniperus spp.
2260	Dunes à végétation sclérophylle des Cisto-Lavanduletalia
2270	Dunes avec forêts à Pinus pinea et/ou Pinus pinaster
2330	Dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis
3110	Eaux oligotrophes très peu minéralisées des plaines sablonneuses (Littorelletalia uniflorae)
3120	Eaux oligotrophes très peu minéralisées sur sols généralement sableux de l'ouest méditerranéen à Isoètes spp.
3130	Eaux stagnantes, oligotrophes à mésotrophes avec végétation des Littorelletea uniflorae et/ou des Isoeto-Nanojuncetea
3140	Eaux oligomésotrophes calcaires avec végétation benthique à Chara spp.
3150	Lacs eutrophes naturels avec végétation du Magnopotamion ou de l'Hydrocharition
3160	Lacs et mares dystrophes naturels
3170	Mares temporaires méditerranéennes
3220	Rivières alpines avec végétation ripicole herbacée
3230	Rivières alpines avec végétation ripicole ligneuse à Myricaria germanica
3240	Rivières alpines avec végétation ripicole ligneuse à Salix elaeagnos
3250	Rivières permanentes méditerranéennes à Glaucium flavum
3260	Rivières des étages planitiaire à montagnard avec végétation du Ranunculion fluitantis et du Callitricho-Batrachion
3270	Rivières avec berges vaseuses avec végétation du Chenopodion rubri p.p. et du Bidention p.p.
3280	Rivières permanentes méditerranéennes du Paspalo-Agrostidion avec rideaux boisés riverains à Salix et Populus alba
3290	Rivières intermittentes méditerranéennes du Paspalo-Agrostidion
4010	Landes humides atlantiques septentrionales à Erica tetralix
4020	Landes humides atlantiques tempérées à Erica ciliaris et Erica tetralix
4030	Landes sèches européennes
4040	Landes sèches atlantiques littorales à Erica vagans
4060	Landes alpines et boréales
4070	Fourrés à Pinus mugo et Rhododendron hirsutum (Mugo-Rhododendretum hirsuti)
4080	Fourrés de Salix spp. subarctiques
4090	Landes oroméditerranéennes endémiques à genêts épineux
5110	Formations stables xérothermophiles à Buxus sempervirens des pentes rocheuses (Berberidion)

	p.p.)
5120	Formations montagnardes à <i>Cytisus purgans</i>
5130	Formations à <i>Juniperus communis</i> sur landes ou pelouses calcaires
5210	Matorrals arborescents à <i>Juniperus</i> spp.
5310	Taillis de <i>Laurus nobilis</i>
5320	Formations basses d'euphorbes près des falaises
5330	Fourrés thermoméditerranéens et prédésertiques
5410	Phryganes ouest-méditerranéennes des sommets des falaises (<i>Astralago-Plantaginietum subulatae</i>)
6110	Pelouses rupicoles calcaires ou basiphiles de l' <i>Alyso-Sedion albi</i>
6120	Pelouses calcaires de sables xériques
6130	Pelouses calaminaires des <i>Violetalia calaminariae</i>
6140	Pelouses pyrénéennes siliceuses à <i>Festuca eskia</i>
6150	Pelouses boréo-alpines siliceuses
6170	Pelouses calcaires alpines et subalpines
6210	Pelouses sèches semi-naturelles et faciès d'embuissonnement sur calcaires (<i>Festuco-Brometalia</i>) (* sites d'orchidées remarquables)
6220	Parcours substepmiques de graminées et annuelles des <i>Thero-Brachypodietea</i>
6230	Formations herbueses à <i>Nardus</i> , riches en espèces, sur substrats siliceux des zones montagnardes (et des zones submontagnardes de l'Europe continentale)
6310	Dehasas à <i>Quercus</i> spp. sempervirents
6410	Prairies à <i>Molinia</i> sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux (<i>Molinion caeruleae</i>)
6420	Prairies humides méditerranéennes à grandes herbes du <i>Molinio-Holoschoenion</i>
6430	Mégaphorbiaies hygrophiles d'ourlets planitiaires et des étages montagnard à alpin
6440	Prairies alluviales inondables du <i>Cnidion dubii</i>
6510	Prairies maigres de fauche de basse altitude (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)
6520	Prairies de fauche de montagne
7110	Tourbières hautes actives
7120	Tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle
7130	Tourbières de couverture (* tourbières actives seulement)
7140	Tourbières de transition et tremblantes
7150	Dépansions sur substrats tourbeux du <i>Rhynchosporion</i>
7210	Marais calcaires à <i>Cladium mariscus</i> et espèces du <i>Caricion davallianae</i>
7220	Sources pétrifiantes avec formation de tuf (<i>Cratoneurion</i>)
7230	Tourbières basses alcalines
7240	Formations pionnières alpines du <i>Caricion bicoloris-atrofuscae</i>

8110	Eboulis siliceux de l'étage montagnard à nival (<i>Androsacetalia alpinae</i> et <i>Galeopsietalia ladani</i>)
8120	Eboulis calcaires et de schistes calcaires des étages montagnard à alpin (<i>Thlaspietea rotundifolii</i>)
8130	Eboulis ouest-méditerranéens et thermophiles
8150	Eboulis médio-européens siliceux des régions hautes
8160	Eboulis médio-européens calcaires des étages collinéen à montagnard
8210	Pentes rocheuses calcaires avec végétation chasmophytique
8220	Pentes rocheuses siliceuses avec végétation chasmophytique
8230	Roches siliceuses avec végétation pionnière du <i>Sedo-Scleranthion</i> ou du <i>Sedo albi-Veronicion dillenii</i>
8240	Pavements calcaires
8310	Grottes non exploitées par le tourisme
8330	Grottes marines submergées ou semi-submergées
8340	Glaciers permanents
9110	Hêtraies du <i>Luzulo-Fagetum</i>
9120	Hêtraies acidophiles atlantiques à sous-bois à <i>Ilex</i> et parfois à <i>Taxus</i> (<i>Quercion robori-petraeae</i> ou <i>Ilici-Fagenion</i>)
9130	Hêtraies de l' <i>Asperulo-Fagetum</i>
9140	Hêtraies subalpines médio-européennes à <i>Acer</i> et <i>Rumex arifolius</i>
9150	Hêtraies calcicoles médio-européennes du <i>Cephalanthero-Fagion</i>
9160	Chênaies pédonculées ou chênaies-charmaies subatlantiques et médio-européennes du <i>Carpinion betuli</i>
9170	Chênaies-charmaies du <i>Galio-Carpinetum</i>
9180	Forêts de pentes, éboulis ou ravins du <i>Tilio-Acerion</i>
9190	Vieilles chênaies acidophiles des plaines sablonneuses à <i>Quercus robur</i>
91A0	Vieilles chênaies des îles Britanniques à <i>Ilex</i> et <i>Blechnum</i>
91B0	Frênaies thermophiles à <i>Fraxinus angustifolia</i>
91D0	Tourbières boisées
91E0	Forêts alluviales à <i>Alnus glutinosa</i> et <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>)
91F0	Forêts mixtes à <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> , <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> ou <i>Fraxinus angustifolia</i> , riveraines des grands fleuves (<i>Ulmenion minoris</i>)
9230	Chênaies galicio-portugaises à <i>Quercus robur</i> et <i>Quercus pyrenaica</i>
9260	Forêts de <i>Castanea sativa</i>
92A0	Forêts-galeries à <i>Salix alba</i> et <i>Populus alba</i>
92D0	Galeries et fourrés riverains méridionaux (<i>Nerio-Tamaricetea</i> et <i>Securinegion tinctoriae</i>)

9320	Forêts à <i>Olea</i> et <i>Ceratonia</i>
9330	Forêts à <i>Quercus suber</i>
9340	Forêts à <i>Quercus ilex</i> et <i>Quercus rotundifolia</i>
9380	Forêts à <i>Ilex aquifolium</i>
9410	Forêts acidophiles à <i>Picea</i> des étages montagnard à alpin (<i>Vaccinio-Piceetea</i>)
9420	Forêts alpines à <i>Larix decidua</i> et/ou <i>Pinus cembra</i>
9430	Forêts montagnardes et subalpines à <i>Pinus uncinata</i> (* si sur substrat gypseux ou calcaire)
9530	Pinèdes (sub)méditerranéennes de pins noirs endémiques
9540	Pinèdes méditerranéennes de pins mésogéens endémiques
9560	Forêts endémiques à <i>Juniperus</i> spp.
9580	Bois méditerranéens à <i>Taxus baccata</i>

Annexe 2

2 : Quelques enseignements tirés de la réalisation (2001 – 2002) de la carte des végétations du Boulonnais.

Finalisé en août 2002, le projet de « cartographie évolutive des milieux naturels au 1/25 000 - Expérimentation dans le Boulonnais » est né du souhait du Parc Naturel Régional d'avoir une vision exhaustive du patrimoine naturel présent sur son territoire. Le coût global du projet a été d'environ 171 000 €.

Les difficultés rencontrées sur le terrain pour établir la carte au 1/25 000 sont riches d'enseignement et bien que l'échelle de cartographie soit deux fois plus fine que le projet de cartographie nationale, les problèmes soulevés par ce type de carte restent en grande partie valables.

La cartographie a consisté à parcourir l'ensemble des polygones tracés. Seule une extrapolation des zones forestières situées en propriété privée de moins de 5 ha ont fait l'objet d'une interprétation par extension. Bien que cette méthode ait alourdi considérablement la phase de terrain, elle a permis de détecter des végétations d'intérêt patrimonial souvent réduites à de petites surfaces qui auraient ainsi été largement sous-estimées. La prospection cartographique étant réalisée sur une vaste superficie dans un laps de temps réduit, les prospections n'ont pu être orientées dans le temps en fonction de l'optimum phénologique des végétations, conduisant à caractériser la végétation à une période particulièrement défavorable (cas des forêts mésophiles à mésohygrophiles du *Fraxino-Quercion* et du *Carpinion* en été, bas-marais au printemps...). Dans ce cas, une dégradation de l'information à l'unité supérieure de la classification typologique était inévitable. L'échelle de travail comme celle de restitution oblige à synthétiser l'information observée sur le terrain : certaines communautés végétales n'étant jamais étendues en superficie apparaissent peu ou pas sur la carte. Certains systèmes naturels présentent des unités de végétation particulièrement imbriquées, impossible à discerner sur la carte et conduisent à constituer des unités composites de végétation. De même, les végétations aquatiques et amphibies des bords des eaux ont souvent dû faire l'objet de simplification extrême n'exprimant pas la réelle diversité rencontrée en raison des multitudes de possibilités d'agencement des communautés, ce qui aurait conduit à une inflation importante des postes de légende. Au final, de nombreuses communautés végétales ne présentant pas la superficie suffisante pour apparaître sur la carte à l'échelle du 1/50 000, il a été opté pour une représentation de groupes de communautés, en complexes, lorsque les différentes unités sont en relation dynamique (elles appartiennent à la même série de végétation) ou en mosaïques, lorsqu'il s'agit de végétations juxtaposées le long d'un gradient topographique ou géologique (les unités appartiennent à des séries différentes les unes au contact des autres).

Annexe 3

3 : Méthode détaillée et contraintes de réalisation de la cartographie en cours des végétations de Seine-et-Marne et d'Île-de-France

La cartographie se déroule à une échelle de terrain au 1/5 000, pour une échelle de restitution au 1/10 000. Les communautés végétales sont cartographiées selon la typologie phytosociologique au niveau de l'association végétale dans la mesure du possible. En cas d'incertitude, l'affectation du type de végétation est généralisée au niveau supérieur de la classification.

La délimitation des polygones est basée en premier lieu sur une analyse de différents fonds cartographiques. Sont utilisés les photographies aériennes, les scan25, la BD altimétrique de l'IGN, la BD routes et chemins de l'IGN, les contours des sites à statuts (ENS, APB, ZNIEFF, Natura 2000, RN, RNR), ainsi que les scans géologiques géoréférencés.

Les informations collectées comprennent (pour plus de détails cf. Anonyme, 2008) :

- des données stationnelles : date, observateur, nature de l'observation (relevé, interprétation...), échelle, accessibilité, exposition, pente, topographie et milieux environnants, type de mosaïque et nombre d'habitats ;
- des données typologiques : syntaxon-Corine Biotopes-code Natura 2000, intégrité structure et cortège, restaurabilité, géologie, facteurs d'influences (issus des listes de menaces utilisées pour les ZNIEFF) et parfois des données pédologiques ;
- des données relatives aux relevés : surface relevée, hauteur moyenne de la végétation, profondeur pour les milieux aquatiques, pourcentage de recouvrement des différentes strates et recouvrement total, saisie des taxons avec les coefficients d'abondance/dominance et de sociabilité (ce dernier facultatif).

Méthodologie d'échantillonnage (d'après Azuelos *et al.*, 2010)

Dans le cas de ce programme, d'une durée prévisionnelle de 4 ans, la priorité est mise sur la cartographie surfacique exhaustive de l'ensemble du département. Les prospections sont organisées en fonction de la saison de végétation et de la phénologie des différents types de végétation. Le CBNBP a regroupé au préalable les formations végétales recensées dans l'ECOMOS dans 17 grandes classes de végétation. Cette typologie permet de réaliser des cartes thématiques qui orientent les priorités de prospections.

Expertise « in situ »

Au sein de chaque petite région écologique, tous les types de géomorphologie sont identifiés. Pour chaque type géomorphologique, toutes les couches géologiques sont analysées. Puis, pour chacune des couches géologiques, on identifie toutes les topographies, expositions et formations végétales présentes grâce aux cartes IGN, aux cartes altimétriques, aux photos aériennes et à la couche ECOMOS 2000. Chaque formation végétale délimitée est ensuite expertisée « in situ » afin de caractériser tous les habitats présents (relevés floristiques, évaluation de l'état de conservation, menaces, etc.). Cette méthode permet d'échantillonner, sur un territoire précis et cohérent, l'ensemble des habitats présents dans chaque condition stationnelle.

Expertise par extrapolation

Compte tenu des contraintes de temps, la totalité de la surface du département ne pourra être parcourue. Aussi, les zones présentant des conditions stationnelles (géomorphologie, géologie, topographie, exposition, altitude) et des formations végétales (photos aériennes et ECOMOS) similaires aux points d'échantillonnage peuvent faire l'objet d'une interprétation par extrapolation. Les supports d'interprétation pour délimiter le contour des habitats sont cartographiques ou bibliographiques. Les supports cartographiques sont les photos aériennes (1/5 000 ; 2003), les cartes IGN-Scan 25 (1/25 000), les courbes altimétriques (1/25 000) et les cartes géologiques (1/50 000). Les supports bibliographiques reposent sur des études précises du CBNBP ou d'autres structures ainsi que sur la base de données FLORA du CBNBP.

Limites de la méthodologie

L'expertise par extrapolation induit un degré d'incertitude par rapport à l'interprétation *in situ*. Aussi, les habitats sont préférentiellement décrits au niveau de l'alliance phytosociologique afin d'éviter les erreurs d'interprétation.

La totalité des habitats de petites surfaces ou des habitats linéaires ne peuvent être prospectés sur l'ensemble du département. C'est le cas des zones humides (mares, étangs, zones amphibies, etc.) et des formations de types lisières, ourlets, mégaphorbiaies, etc. Cependant, un effort d'échantillonnage est réalisé sur ces milieux afin de les caractériser de manière phytosociologique.

La photo-interprétation des végétations liées aux zones humides est délicate et les formations linéaires de type lisières, ourlets, mégaphorbiaies..., sont généralement peu ou pas observables sur photographies aériennes. Ces zones ne sont donc pas extrapolées (sauf en cas de certitude grâce aux efforts d'échantillonnages environnants). Leur recouvrement surfacique sera impossible à estimer.

Nature des observations et qualité des données

La méthodologie d'échantillonnage implique plusieurs niveaux de qualité des données en fonction de la nature des observations présentées ici par ordre de fiabilité :

A. Expertise de l'habitat *in situ* (sur le terrain) - qualité optimale de l'information :

1. Inventaire par relevé phytosociologique (points d'échantillonnages)
2. Inventaire par autre relevé floristique (points d'échantillonnages)
3. Interprétation *in situ* (zones semblables aux points d'échantillonnages)

B. Expertise de l'habitat *ex situ* - qualité de l'information à pondérer :

4. À distance – sur le terrain – (zones inaccessibles ou semblables aux points d'échantillonnages)
5. Photo interprétation (zones inaccessibles ou semblables aux points d'échantillonnages)
6. Bibliographie (FLORA, études antérieures CBNBP, autres)

Limites sur la précision des objets cartographiés

Relevés floristiques

Les relevés floristiques sont localisés très précisément par un point sur les cartes. Or, il existe une marge d'erreur en fonction du contexte de l'inventaire. Si le contexte de végétation est un milieu ouvert, les points de repère sur la carte sont nombreux et la localisation du relevé peut être précise. En revanche, dans un contexte forestier, la marge d'erreur de localisation du relevé est plus importante à cause du manque de repères cartographiques.

Habitats

Les limites géographiques entre deux habitats sont représentées par un trait précis. La limite entre deux formations végétales différentes (ex. : prairie et forêt) est toujours précise car elle se distingue très bien sur la photo aérienne. En revanche, il existe une marge d'erreur plus importante pour les formations végétales homogènes (ex. : prairie) qui présentent une évolution progressive d'un gradient écologique (cas des habitats de transition : le passage d'une prairie humide à moyennement humide peut être progressif et difficilement localisable de manière précise).

Exploitation et mise en valeur des données

La présence/absence des habitats informe sur :

- la répartition géographique des habitats ;
- la fréquence des habitats ;
- les spécificités locales liées aux éco-régions (géologie, microclimat, géomorphologie, historique lié aux pratiques humaines).

Mise en valeur des habitats patrimoniaux

Les requêtes sur les habitats patrimoniaux (Natura 2000, ZNIEFF Île-de-France) peuvent être réalisées sur les codes CORINE Biotopes et les syntaxons.

Les champs « intégrité de structure » et « intégrité de cortège » permettent ensuite d'évaluer leur bon ou mauvais état de conservation.

Un lien entre « Syntaxon - CORINE Biotopes - Natura 2000 - Habitat déterminant ZNIEFF Île-de-France - Nom français » est intégré.

Les limites d'exploitation

Compte tenu de la surface, la totalité de la surface du département ne peut être parcourue. Les zones présentant des conditions stationnelles et des formations végétales similaires aux points d'échantillonnage font donc l'objet d'une interprétation par extrapolation (cf. méthodologie d'échantillonnage).

Par ailleurs, en cinq ans, l'aménagement du territoire peut grandement affecter le paysage cartographié. Plus le programme s'étale dans le temps, plus les données récoltées ont des chances d'être affectées. Ceci dépend donc de l'année de l'inventaire et de la dynamique de l'aménagement du territoire. Le décalage temporel concerne surtout les zones photo-interprétées dont la précision dépend de l'année de prise de vue des photos aériennes (2003 pour les campagnes de terrain).

Annexe 4

4 : Éléments de contexte et démarche du projet de cartographie des grands types de végétation du Massif armoricain par télédétection et travail de terrain

Acquisition et gestion de données sur la répartition des habitats - Constats :

Les échanges entre le CBN et ses partenaires scientifiques et institutionnels ont permis de dresser les constats suivants :

- il est important pour les partenaires régionaux d'obtenir des informations sur la répartition spatiale des habitats naturels et semi-naturels, au moins des grands types de végétations ;
- il est actuellement impossible, avec les techniques classiques de terrain, de réaliser une cartographie exhaustive de l'ensemble des végétations des régions Bretagne, Basse-Normandie et Pays de la Loire. En effet, au regard de la vitesse à laquelle évoluent les habitats, seule une cartographie d'ensemble sur un pas de temps très court pourrait donner une idée juste de leur répartition. Or, cette étude demanderait un passage exhaustif sur l'ensemble du territoire ainsi que la réalisation de très nombreux relevés phytosociologiques. Ceci semble difficile à réaliser à court terme ;
- les techniques de télédétection font des progrès rapides. Ces techniques permettent déjà d'avoir une idée générale de l'occupation des sols sur un territoire assez grand. Cependant, ces méthodes ne permettent pas d'atteindre un niveau fin de description des habitats (au plan typologique) sur de vastes étendues. A défaut de pouvoir réaliser à court terme, avec les techniques de terrain classiques, une cartographie des grands types de végétation sur l'ensemble du territoire d'agrément, des échanges avec certains laboratoires de géographie sont mises en place pour trouver d'autres solutions pour produire des cartes globales de répartition d'habitats. Ce type de cartes aura en outre l'avantage de constituer une base solide pour les plans de prospection dans le cadre de campagnes de terrain visant à améliorer la connaissance sur la répartition plus précise des habitats.

Proposition de mise en place d'un partenariat avec le CNRS :

C'est dans ce cadre que le CBN de Brest met en place un partenariat scientifique et technique avec le laboratoire LETG (Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique). Cette unité de recherche du CNRS est spécialisée notamment dans l'analyse de l'occupation des sols. Elle est basée sur 4 sites recouvrant l'ensemble du territoire d'agrément du CBN : Brest (Géomer), Rennes (Costel), Caen (Géophen) et Nantes (Géolittomer). Ce partenariat vise à produire une « étude méthodologique et technique concernant la production de cartes des grands types de végétations des habitats naturels et semi-naturels à partir de l'analyse d'images de télédétection et d'informations géographiques ».

Le projet repose donc sur une mise en commun des compétences du CBN de Brest et du laboratoire LETG afin de travailler sur une localisation des habitats naturels et semi-naturels. La typologie de base utilisée au CBN de Brest est la phytosociologie sigmatiste. Or, celle-ci s'avère trop fine et peu utile pour un projet de cartographie sur de vastes territoires. La structure de la végétation est l'élément le plus facilement discernable par les techniques de télédétection. Cependant, il s'agit d'éléments d'appréciation trop « grossiers » pour une utilisation dans le cadre d'une étude sur les communautés

végétales. L'idée est donc de travailler sur tous les grands types de milieux naturels et semi-naturels présents sur le territoire d'agrément, mais à un niveau typologique qui permette de raccorder les typologies utilisables par les géographes aux typologies phytosociologiques en s'appuyant sur la structure de la végétation. Le but recherché est donc que les géographes fournissent au CBN des éléments fiables de cartographie globale de la végétation, permettant d'orienter les prospections de terrain du CBN dans certains types de milieux ou dans des secteurs à fort enjeu.

Le projet doit évidemment s'inscrire dans la démarche collective de cartographie nationale des habitats naturels et semi-naturels. Les ponts entre les deux démarches sont donc à mettre en place. Ceux-ci sont rendus possibles par la participation du CBN de Brest à la FCBN, ainsi que par les liens qui existent entre le laboratoire LETG et la Maison de la télédétection de Montpellier.

Annexe 5

5 : Typologie de la cartographie du couvert forestier de l'IFN

La cartographie de l'IFN repose sur une nomenclature nationale comprenant 28 postes hiérarchisés en quatre niveaux :

- « Le niveau I correspond aux grandes structures de végétation : forêts, landes et autres (hors spécifications), le thème « hors spécifications » n'étant pas cartographié.
- Le niveau II précise la densité de couvert des types forestiers avec séparation des forêts fermées et des forêts ouvertes (respectivement, plus de 40% de couvert pour les forêts fermées ; entre 10 et 40% pour les forêts ouvertes). Il caractérise également les peupleraies.
- Le niveau III correspond à la composition majoritaire ou pure des peuplements forestiers (feuillus et résineux) et à la caractérisation des landes selon leur pourcentage de ligneux bas (plus de 25% : landes ligneuses, sinon formations herbacées).
- Le niveau IV correspond à la composition en essences des peuplements forestiers. La nomenclature de base propose de cartographier à ce niveau uniquement les surfaces de plus de 2 ha en forêt fermée. En forêt ouverte, seule la composition majoritaire est distinguée entre feuillus et résineux. Le niveau le plus détaillé (niveau IV) est appliqué sur l'ensemble du territoire métropolitain à chaque polygone d'une surface égale ou supérieure à 50 ares (5 000 m²) afin de garantir une homogénéité de l'information. »

Typologie des formations végétales de la carte de l'IFN

Forêt fermée

FF0 Jeune peuplement ou coupe rase ou incident
FF1-00 Forêt fermée de feuillus purs en îlots (essence non discriminée)
FF1G01-01 Forêt fermée de chênes décidus purs
FF1G06-06 Forêt fermée de chênes sempervirents purs
FF1-09-09 Forêt fermée de hêtre pur
FF1-10-10 Forêt fermée de châtaignier pur
FF1-14-14 Forêt fermée de robinier pur
FF1-49-49 Forêt fermée d'un autre feuillu pur
FF1-00-00 Forêt fermée à mélange de feuillus
FF2-00 Forêt fermée de conifères purs en îlots
FF2-51-51 Forêt fermée de pin maritime pur
FF2-52-52 Forêt fermée de pin sylvestre pur
FF2G53-53 Forêt fermée de pin laricio ou pin noir pur
FF2-57-57 Forêt fermée de pin d'Alep pur
FF2G58-58 Forêt fermée de pin à crochets ou pin cembro pur
FF2-81-81 Forêt fermée d'un autre pin pur
FF2-80-80 Forêt fermée à mélange de pins purs
FF2G61-61 Forêt fermée de sapin ou épicéa
FF2-63-63 Forêt fermée de mélèze pur
FF2-64-64 Forêt fermée de douglas pur
FF2-91-91 Forêt fermée d'un autre conifère pur autre que pin, sapin, épicéa, douglas ou mélèze

FF2-90-90 Forêt fermée à mélange d'autres conifères
FF2-00-00 Forêt fermée à mélange de conifères
FF31 Forêt fermée à mélange de feuillus prépondérants et conifères
FF32 Forêt fermée à mélange de conifères prépondérants et feuillus

Forêt ouverte

FO0 Forêt ouverte avec coupe rase ou incident
FO1 Forêt ouverte de feuillus purs
FO2 Forêt ouverte de conifères purs
FO3 Forêt ouverte à mélange de feuillus et conifères

Peupleraie

FP Peupleraie

Lande

LA4 Lande ligneuse

Formation herbacée

LA6 Formation herbacée

Annexe 6

6 : La réalisation pratique de la Carte de végétation de la France au 1/200 000, par le Service de la Carte de Végétation du CNRS à Toulouse.

(Voir aussi Gauquelin *et al.*, 2005 et Rey, 2009)

La carte de la végétation de la France au 1/200 000 a été élaborée à partir de 1947 par le Service de la carte de la végétation (SCV), installé à Toulouse et dirigé par Henri Gaussen, fondateur du concept de la carte puis par Paul Rey assisté de Georges Dupias (voir Gauquelin *et al.*, 2005).

Les équipes de terrain, constituées d'un chauffeur, d'un cartographe et d'un observateur parcouraient en camionnette des itinéraires choisis d'après les photographies aériennes pour être les plus représentatifs et diversifiés possibles. Le cartographe reportait sur un fond de carte de l'IGN au 1/50 000 les numéros correspondant aux observations et l'observateur décrivait au magnétophone l'observation réalisée. Les bandes étaient ensuite retranscrites par écrit au SCV à Toulouse.

Les observations correspondaient à la description des principales essences dominantes des boisements dans la limite d'une surface représentable de 4 hectares. Mais lorsque des localités isolées d'arbres « tête de série » ou des végétations d'intérêt particulier (tourbières par exemple) étaient observées, celles-ci étaient notées sous forme de point.

Pour établir la carte, le document cartographique de base utilisé était une « pré minute » cartographique réalisée au 1/50 000, sur laquelle étaient tracées les limites des contours physiologiques de la végétation obtenues par analyse photo interprétative visuelle des photographies aériennes de l'IGN. A partir des observations de l'itinéraire, une généralisation des observations était ensuite réalisée pour l'ensemble de la carte sur des minutes cartographiques au 1/50 000. Les cartographes y reportaient les couleurs des séries observées à l'encre de chine. Une fois les minutes terminées, les dessinateurs réduisaient les contours réalisés au 1/200 000 sur les fonds reçus de l'IGN pour élaborer la maquette finale. Lorsque des divergences d'interprétation étaient constatées entre auteurs de feuilles voisines, des réunions de concertation et des campagnes de vérification sur le terrain pouvaient être menées. L'équipe de Toulouse assurait une certaine homogénéité de traitement et d'interprétation des levés, notamment à partir de la nomination de Paul Rey.

Il fallait quatre ans à trois botanistes cartographes pour élaborer une feuille au 1/200 000.

Le concept de représentation cartographique est essentiellement fondé sur la couleur, où à chaque série de végétation est attribuée une couleur liée à son degré de thermophilie et d'hygrophilie (rouge = chaleur, lumière ; bleu = précipitations, humidité ; jaune = sécheresse, calcaire ; Gaussen 1936). Ainsi, les séries méditerranéennes se voient attribuer des couleurs chaudes (rouge, jaune...) alors que les séries montagnardes présentent des couleurs froides (bleus...), différents verts étant attribués aux séries planitiaires tempérées (diverses chênaies caducifoliées...). Dans les cas où des « séries mixtes » sont observées (par exemple 1/3 de Chêne pubescent, 2/3 de Chêne pédonculé), elles sont représentées sous forme de hachurés (les « pyjamas ») alliant les 2 couleurs des séries

correspondantes en privilégiant la localisation des bandes de la série minoritaire aux endroits les plus favorables à la présence effective de l'essence considérée.

Chaque feuille éditée comprend la carte de la végétation au 1/200 000 qui présente les stades de végétation par série, une légende détaillée des stades regroupés par série et six cartons (petites cartes) au 1/1 250 000 qui présentent la végétation potentielle, l'édaphologie, l'agriculture, les adversités agricoles, la pluviométrie et l'utilisation du sol.

Il est à noter que les légendes des 64 feuilles présentent certaines différences. C'est pourquoi un premier essai d'harmonisation a été réalisé (Party, 1999) puis repris récemment dans le cadre d'un projet financé par l'Ademe (Leguédou et al., 2009). Ce travail a permis de mettre en cohérence les légendes des 64 cartes mais aussi de les mettre en correspondance avec la nomenclature phytosociologique du Prodrôme des végétations de France (Bardat et al., 2004). Il est associé à une numérisation des cartes au 1/200 000 et à une base de données géoréférencées que nous présenterons plus loin et qui pourrait être utile au développement du programme national de cartographie des végétations naturelles et semi-naturelles de France.

F – TABLE DES MATIÈRES

Table des matières

INTRODUCTION.....	6
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	7
2. DÉFIS À RELEVER.....	12
A – BILAN DE L'EXISTANT.....	14
1. RECENSEMENT ET MISE EN CORRESPONDANCE DES TYPOLOGIES DE VÉGÉTATIONS ET D'HABITATS.....	15
1.1. <i>Présentation des principales typologies.....</i>	15
1.1.1. La typologie phytosociologique.....	15
1.1.2. Corine Biotopes, classification des habitats du Paléarctique et EUNIS Habitats.....	16
1.1.3. Natura 2000 et les Cahiers d'habitats.....	17
1.2. <i>Mise en correspondance des typologies.....</i>	19
1.2.1. Définition des unités.....	19
1.2.2. Recouvrements et redondances entre unités.....	20
1.2.3. Quelques problématiques posées par les mises en correspondance.....	22
1.2.4. Multiplicité des cas de figure sur le terrain.....	23
2. IDENTIFICATION ET DESCRIPTION DES INVENTAIRES ET CARTES DE VÉGÉTATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT EXISTANTS EN FRANCE ET EN EUROPE.....	25
2.1. <i>Pré-catalogage des inventaires et cartes de végétations et d'habitats en France.....</i>	25
2.1.1. Nombre d'inventaires et de cartes, principaux opérateurs et applications.....	25
2.1.1.1. Données répertoriées à ce jour.....	25
2.1.1.2. Opérateurs des cartes et inventaires.....	26
2.1.1.3. Principales applications.....	28
2.1.2. Variabilité des cartes et inventaires répertoriés.....	29
2.1.2.1. Couverture géographique.....	29
2.1.2.2. Échelles.....	30
2.1.2.3. Typologies.....	31
2.1.2.4. Fiabilité/exploitabilité.....	33
2.1.3. Quelques bases de données importantes sur les inventaires floristiques et d'habitats en France.....	34
2.1.3.1. Concernant les données relatives aux végétations et habitats.....	34
2.1.3.2. Concernant les données floristiques.....	35
2.2. <i>Focus sur les expériences de cartographies de végétations réalisées sur de grandes superficies.....</i>	38
2.2.1. En France.....	38
2.2.1.1. Les cartographies régionales.....	38
a) La carte des végétations du Boulonnais.....	38
b) La carte des végétations du Pilat.....	38
c) La carte des végétations de Seine-et-Marne et d'Île-de-France.....	40
d) La cartographie des milieux forestiers du cœur du Parc national des Cévennes.....	40
e) Le projet d'Atlas par maille des habitats du Pôle Biodiversité régional en Rhône-Alpes.....	41
f) Le projet de cartographie des grands types de végétations du Massif armoricain par télédétection et travail de terrain.....	42
g) Le projet interreg 'Arch' entre la région Nord-Pas-de-Calais et le Kent en Grande-Bretagne.....	43
2.2.1.2. Les cartographies thématiques.....	43
a) Les cartographies de zones humides.....	43
b) Le couvert forestier de l'IFN.....	46
2.2.1.3. Les cartographies nationales du couvert végétal en France.....	47
a) La Carte de la Végétation de la France du CNRS au 1/200 000, dite 'carte Gaussen'.....	47
b) La base de données géographique de la végétation de la France (BDGveg) au 1/1 250 000.....	49
2.2.1.4. Les cartes d'occupation du sol avec composante végétale notable.....	50
a) Carte de l'occupation du sol en France – CORINE Land Cover (CLC).....	50

b) La carte des grands types « phyto-éco-physiologiques » du modèle de prédiction du climat de MétéoFrance (ECOCLIMAP 2).....	52
2.2.2. En Europe.....	56
2.2.2.1. Dans des pays voisins de la France.....	56
a) En Suisse	56
b) En Espagne.....	57
2.2.2.2. Couvertures européennes.....	58
a) Modélisation pan-européenne de la distribution des habitats de la directive « Habitats » (Mücher et al., 2009).....	58
b) Carte de l'occupation du sol en Europe – CORINE Land Cover (CLC).....	59
c) Carte ECOCLIMAP 2 Europe (MétéoFrance).....	59
d) Les cartes des végétations naturelles en Europe.....	60
e) La Carte de la Végétation d'Europe de la Commission européenne (2000).....	61
f) Le dispositif européen de suivi du couvert végétal par télédétection et terrain permanent (EBONE - European Biodiversity Observation Network).....	61
2.2.3. Ailleurs dans le monde.....	64
Nota : Concernant les territoires français Outre-Mer.....	64
a) Réunion.....	64
b) Guyane.....	65
c) Guadeloupe	65
d) Martinique.....	65
2.3. Répertoire d'autres sources de données pouvant être utiles à la cartographie des végétations en France.....	67
2.3.1. Les caractéristiques géo-morpho-physico-chimiques de l'environnement.....	67
2.3.2. Les données relatives à l'utilisation des terres.....	69
2.3.2.1. La modélisation de l'occupation du sol en France fondée sur le réseau d'observation Terruti-LUCAS.	69
2.3.2.2. Le registre parcellaire graphique.....	69
2.3.2.3. Le recensement général agricole.....	70
2.3.2.4. La carte des unités paysagères issues des Atlas de paysage.....	71
2.3.3. Les grandes régions paysagères et/ou naturelles du territoire à cartographier.....	72
2.3.3.1. Les régions naturelles en France (approche biogéographique).....	72
2.3.3.2. Les régions agricoles et petites régions agricoles.....	73
2.3.3.3. Les zonages des régions forestières de l'IFN.....	73
2.3.3.4. Les zonages écologiques de Dupias et Rey (1980).....	76
2.3.3.5. Les zonages liés à l'hydrographie.....	77
2.3.3.6. Les massifs orogénétiques.....	80
2.3.3.7. La carte des domaines biogéographiques pan-européens.....	82
3. TEST DES POSSIBILITÉS DE LA TÉLÉDÉTECTION POUR L'INVENTAIRE ET LA CARTOGRAPHIE DE VÉGÉTATIONS ET D'HABITATS NATURELS ET SEMI-NATURELS.....	86
3.1. Possibilités de l'imagerie aérienne et satellitale : une description principalement physionomique de la végétation.....	86
3.1.1. L'offre actuelle et à venir en imagerie satellitale et aérienne.....	86
3.1.2. Télédétection et végétation.....	87
3.1.3. Intérêt des différentes résolutions spatiales.....	87
3.1.4. De la description physionomique à la cartographie des végétations et habitats naturels et semi-naturels.....	89
3.2. Bilan détaillé des tests réalisés par grands types de milieux.....	89
3.2.1. Milieux herbacés et landes d'altitude.....	90
3.2.1.1 Présentation résumée du travail.....	90
3.2.1.2 Points forts de la méthode.....	93
a) Cartographie physionomique des milieux ouverts d'altitude par télédétection. Les classifications dirigées	93
b) Critères de généricité – Méthodologie comparée dans 4 massifs (Parcs nationaux des Écrins, de la Vanoise, des Pyrénées et du Mercantour).....	94
c) Critères de généricité - Classifications semi-dirigées.....	94
d) Des cartes physionomiques à la localisation probable de faciès.....	95
3.2.2. Milieux forestiers.....	96
3.2.2.1. Choix des sites.....	96

3.2.2.2. Cartographie des habitats naturels et relevés « floristiques » ponctuels.....	97
3.2.2.3. Segmentation et classifications de l'image.....	97
3.2.2.4. Notions de fonctions d'appartenances et de logique floue.....	99
3.2.3. Milieux méditerranéens.....	101
3.2.3.1. Essai d'application à la cartographie des habitats du PNR Verdon (partie Sud).....	101
3.2.3.2. Exemple de cartographie des formations arbustives méditerranéennes.....	102
3.2.4. Milieux herbacés de plaine et milieux humides.....	104
3.2.5. Synthèse.....	104
B – CONSIDÉRATIONS ET CHOIX MÉTHODOLOGIQUES.....	107
1. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.....	108
2. OPTIONS ET CHOIX MÉTHODOLOGIQUES.....	109
2.1. <i>Principes généraux des différentes méthodes possibles de cartographie.....</i>	<i>109</i>
2.1.1. Processus cartographique.....	109
2.1.2. Cartographie par modélisation.....	110
2.1.2.1. Constitution de l'échantillonnage.....	110
2.1.2.2. Avantages et inconvénients de la modélisation par traitement d'images.....	110
2.2. <i>Pas de temps et étendue de réalisation de la carte.....</i>	<i>111</i>
2.3. <i>Typologie.....</i>	<i>113</i>
2.4. <i>Échelles de réalisation et de restitution.....</i>	<i>115</i>
2.4.1. Échelle de constitution de la carte et représentation des végétations.....	115
2.4.2. Généralisation des cartes à grande échelle et représentation des unités complexes.....	119
3. SUR LES APPORTS POSSIBLES DE LA TÉLÉDÉTECTION.....	121
3.1. <i>Milieux herbacés et landes d'altitude.....</i>	<i>121</i>
3.2. <i>Milieux forestiers.....</i>	<i>122</i>
3.3. <i>Milieux méditerranéens.....</i>	<i>123</i>
3.4. <i>Milieux herbacés de plaine et milieux humides.....</i>	<i>124</i>
4. UNE NÉCESSITÉ DE GOUVERNANCE POUR LA CARTE DE FRANCE DES VÉGÉTATIONS.....	125
C – MÉTHODE PROPOSÉE.....	127
0. CADRE GÉNÉRAL.....	128
0.1. <i>Une démarche intégratrice à deux niveaux.....</i>	<i>128</i>
a) Niveau national - Carte de France des végétations au 1/50 000.....	128
b) Niveau local – Cartes fines des sites et/ou types de végétations à enjeux patrimoniaux.....	129
0.2. <i>Plan d'action.....</i>	<i>130</i>
1. PRÉPARATIFS IMMÉDIATS.....	130
1.0 <i>Coordination de la démarche nationale de cartographie des végétations, en France.....</i>	<i>131</i>
1.1. <i>Établissement d'une liste provisoire des associations végétales de France.....</i>	<i>133</i>
1.2. <i>Définition des objectifs et critères d'analyse et remobilisation des cartes et données existantes.....</i>	<i>134</i>
1.3. <i>Constitution d'un système d'information agrégatif sur les végétations de France (SI-VEGE).....</i>	<i>136</i>
2. ÉTAPES OPÉRATIONNELLES (2011-2018).....	138
2.1. <i>Pré-cartographie des végétations attendues (horizon 2012).....</i>	<i>138</i>
2.1.1. Constitution du référentiel typologique pour la Carte de France des végétations : référentiel des 'unités de végétations cartographiables' (UVC).....	138
2.1.2. Carte provisoire des végétations et habitats connus et probables en France.....	139
2.1.2.1. La répartition connue des habitats naturels, dont d'intérêt communautaire (HIC), en France - Information géoréférencée.....	140
2.1.2.2. La mosaïque des végétations et habitats probables de France métropolitaine - Approche surfacique SIG.....	142
2.1.3. Préparer et structurer le fond de carte.....	146
2.1.3.1. Délimitations « géométriques » - par photo interprétation et/ou prospection de terrain.....	146
2.1.3.2. Délimitations environnementales et écologiques.....	147
2.1.3.3. Délimitations semi automatiques et classification par système expert.....	148
2.2. <i>Carte de France des végétations observées (horizon 2018).....</i>	<i>149</i>

2.2.1 Phase d'organisation.....	149
2.2.2. Phase de terrain.....	149
2.2.3. Phase de validation.....	150
2.3. <i>Cartographie fine des végétations et habitats des sites naturels à haute valeur patrimoniale.....</i>	151
2.4. <i>Ré-actualisation de la Carte de France des végétations observées (horizons 2024, 2030.....)</i>	152
3. LA CARTE DE FRANCE DES VÉGÉTATIONS COMME BASE AUX PROGRAMMES D'INVENTAIRE ET DE SUIVI DE LA BIODIVERSITÉ.....	153
3.1. <i>Contribution à l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire.....</i>	153
3.1.1. Questions typologiques.....	155
3.1.2. Contribution à l'évaluation de 2013.....	155
3.2. <i>CARTographie Nationale des Enjeux Territoriaux de Biodiversité remarquable (CARNET B).....</i>	157
3.3. <i>Trame verte et bleue (TVB).....</i>	158
3.4. <i>Atlas de Biodiversité Communale (ABC).....</i>	158
3.5. <i>Stratégie de Création d'Aires Protégées (SCAP).....</i>	159
3.6. <i>Révision des ZNIEFF.....</i>	160
3.7 <i>Autres programmes.....</i>	160
4. PERSPECTIVES IMMÉDIATES DE MISE EN ŒUVRE.....	162
D – BIBLIOGRAPHIE.....	163
E – ANNEXES.....	168
1: Liste des habitats d'intérêt communautaire présents en France.....	169
2 : Quelques enseignements tirés de la réalisation (2001 – 2002) de la carte des végétations du Boulonnais....	174
3 : Méthode détaillée et contraintes de réalisation de la cartographie en cours des végétations de Seine-et-Marne et d'Île-de-France.....	175
4 : Éléments de contexte et démarche du projet de cartographie des grands types de végétation du Massif armoricain par télédétection et travail de terrain.....	178
5 : Typologie de la cartographie du couvert forestier de l'IFN.....	180
6 : La réalisation pratique de la Carte de végétation de la France au 1/200 000, par le Service de la Carte de Végétation du CNRS à Toulouse.....	181
F – TABLE DES MATIÈRES.....	183
G – RÉSUMÉ.....	188

G – RÉSUMÉ

Résumé

CartoVege / CarHab : programme national de cartographie des végétations et habitats naturels et semi-naturels terrestres en France

Le ministère français de l'Ecologie a commandé une proposition commune de Cadre méthodologique à la Fédération des Conservatoires botaniques nationaux (FCBN), au Service du Patrimoine Naturel du Muséum National d'Histoire Naturel (SPN-MNHN) et au Cemagref, remise en octobre 2010 pour un déploiement pluriannuel à partir de 2011.

La méthodologie (schématisée ci-dessous) s'appuie sur un bilan de l'existant, avec: i) recensement et mise en correspondance des typologies (habitats et végétations) ; ii) catalogage des cartes et inventaires (végétations et données environnementales) existants, accompagné d'une synthèse d'expériences et méthodologies cartographiques ; et iii) état des apports possibles de la télédétection et de ses outils.

La méthode découle directement du bilan de l'existant, tout en envisageant la mise en œuvre d'un important travail cohérent d'approfondissement des connaissances et des référentiels, de qualification et d'amélioration de l'existant, et de description de l'organisation biogéographique actuelle du territoire, avec d'indispensables observations de terrain conséquentes et l'appui de diverses méthodes de modélisation (multi-échelles). Cette proposition appelle une projection à relativement long terme (10 ou 20 ans au moins) impliquant une amélioration graduelle et toujours accrue de la connaissance et des moyens de l'acquérir.

L'ensemble de ce programme de 'Carte de France des végétations' vise une échelle d'appréhension des données située autour du 1/25 000 pour une exploitation optimale au 1/50 000, suivant une typologie phytosociologique, tout en permettant d'établir des correspondances, tant avec les autres données environnementales couvrant le territoire qu'avec d'autres formes de représentation des végétations. et de la biodiversité.

