

L'évaluation des paysages : empirisme ou probabilisme, question d'objectif

Une réflexion sur le plan d'échantillonnage accompagnée d'un exemple
d'évaluation des dégâts tempétueux pris dans la forêt de
Conches-Breteuil (Eure)

Vincent GODARD – vgodard@univ-paris8.fr

Centre de Biogéographie Ecologie (CNRS FRE 2545)
Université de Paris 8 – Maison des Sciences de l'Homme Paris Nord
4, rue de la Croix Faron, 93210 La Plaine Saint-Denis

Mots clefs

Dégâts ; Enquête de terrain ; Forêts ; Sondages ; Tempêtes

Résumé

La récente lecture d'un article scientifique confirme que les méthodes d'échantillonnage empiriques sont encore très utilisées. En l'absence d'analyse justifiant ce choix, il convient de s'interroger sur les pratiques de collecte d'informations lors des enquêtes de terrain. Vaut-il mieux des méthodes empiriques ou des méthodes probabilistes, et pour quels objectifs ?

Abstract

A recent scientific article confirms that empirical sampling procedures are still very much used. In the absence of analysis justifying their use, it is advisable to question the practices of collecting information at the time of the ground survey. Are empirical methods better than probabilistic methods, and for which objectives?

Introduction

La dernière livraison du Courrier de l'environnement de l'INRA (juin 2003, n°49) laisse penser que les méthodes empiriques d'inventaire sont encore courantes. Dans un article de Stéphane de La Rocque traitant de la transformation des paysages africains et des trypanosomoses, l'auteur indique que « 8 types de paysages **ont été jugés représentatifs** et ont été sélectionnés comme entités d'apprentissage pour une classification paysagère... » (LA ROCQUE, 2003, p. 81). Cette méthode d'échantillonnage relève des unités types telles qu'on pouvait déjà les trouver décrites, avec les critiques que l'on sait sur la représentativité de l'échantillon, dans des ouvrages faisant référence au milieu du 20^e siècle, comme par exemple dans celui de J. Desabie (DESABIE, 1965, pp 44-46), pour prendre un ouvrage français connu.

Il n'est pas question dans cette communication de jeter l'anathème sur telle ou telle pratique d'échantillonnage ni sur ses auteurs. Il s'agit plutôt de resituer cette méthode

GODARD (V.) – 2004 - L'évaluation des paysages : empirisme ou probabilisme, question d'objectif. Une réflexion sur le plan d'échantillonnage accompagnée d'un exemple d'évaluation des dégâts tempétueux pris dans la forêt de Conches-Breteuil (Eure). in : *L'évaluation du paysage : une utopie nécessaire ? À la recherche d'indicateurs / marqueurs pluridisciplinaires*. Montpellier 15 et 16 janvier 2004. D. Puech et A. Rivière-Honnegger ed., Montpellier, CNRS / Univ. Paul Valéry - Montpellier III : 249-259.

d'inventaire dans un contexte d'utilisation, d'en rappeler les avantages et les inconvénients dans l'évaluation des paysages et d'insister sur la nécessité d'utiliser des descripteurs (estimateurs) dont on est capable d'indiquer la qualité !

En s'appuyant sur un exemple d'évaluation des dégâts liés aux tempêtes de 1999 sur des milieux forestiers, cette présentation se propose de montrer qu'une enquête relevant de la théorie de l'échantillonnage peut s'avérer précise et légère. Ce sont donc une analyse critique puis une argumentation statistique qui sont proposées au débat sur les pratiques d'échantillonnage lorsqu'il s'agit d'évaluer les caractéristiques des paysages et leur évolution.

1. Approche méthodologique

1.1. Constitution de la base de données

Que l'on utilise ou non des données télédéteectées pour estimer les paysages ne modifie pas fondamentalement l'enquête de terrain. Il convient toujours de délimiter le secteur d'étude, donc de déterminer une base de données (la base de sondages) dans laquelle sera tiré un échantillon. En l'absence de liste de paysages, ceux-ci n'apparaissent généralement pas sous forme d'enregistrements séquentiels dans la base de donnée, ce sont des portions de paysages qui vont être tirés au sort, au hasard ou non, directement sur le terrain ou non. La base de sondage est donc constituée par une ou des cartes, des photos, de l'imagerie satellitale ou tout autre document comportant l'intégralité de la zone d'étude pour que tous points de l'espace puissent être, éventuellement, inventoriés. C'est une des grosses différences entre les inventaires ou sondages portant sur des variables socio-démographiques et celles dont l'entrée est le paysage.

Les sondages sur liste et les sondages aréolaires, dont l'individu observable est une surface, diffèrent également par la mise à jour de la base de données. Une carte périmée, une photo aérienne ancienne, ne porte plus forcément la représentation actuelle du paysage. Cependant, la portion de territoire qui a évolué est toujours présente, même si son affectation thématique est autre, contrairement à une liste de ménages ou de sièges d'exploitation agricole (décès, cessation d'activité,... pas toujours signalées et répertoriées). C'est le problème de la dégradation des bases de sondage avec le temps. Celle-ci est donc plus problématique pour les sondages sur liste que pour les sondages spatiaux (aréolaires).

Partant du principe que l'on ne peut pas connaître chaque mètre carré de son terrain d'enquête, ce n'est pas un inventaire au sens premier de terme que l'on va réaliser mais un sondage. Celui-ci va permettre ou non d'extrapoler le peu que l'on a vu à l'ensemble du territoire enquêté. Cette capacité est fonction de la représentativité de l'échantillon observé, donc de sa richesse et de sa fidélité quant à la variabilité des paysages présents dans la zone d'enquête. On accepte, en réalisant un sondage plutôt qu'un recensement exhaustif, de commettre une erreur d'appréciation (d'échantillonnage) qui est mesurable.

1.2. Quelques méthodes d'échantillonnage des données de terrain

Quelle que soit l'information que l'on souhaite recueillir sur le terrain, la méthode de collecte relève soit des sondages par choix raisonné soit des sondages aréolaires aléatoires. Elle va faire appel ou non à une stratification (a priori ou a posteriori). L'unité d'observation pourra être un point, une ligne ou une surface. Cette dernière peut être un objet géométrique constant comme la placette ou de taille variable comme la parcelle agricole. Les unités

GODARD (V.) – 2004 - L'évaluation des paysages : empirisme ou probabilisme, question d'objectif. Une réflexion sur le plan d'échantillonnage accompagnée d'un exemple d'évaluation des dégâts tempétueux pris dans la forêt de Conches-Breteuil (Eure). in : *L'évaluation du paysage : une utopie nécessaire ? À la recherche d'indicateurs / marqueurs pluridisciplinaires*. Montpellier 15 et 16 janvier 2004. D. Puech et A. Rivière-Honnegger ed., Montpellier, CNRS / Univ. Paul Valéry - Montpellier III : 249-259.

d'observations peuvent être tirées en étant groupées ou non comme des grappes, de façon continue ou discontinue, en segments, transects, etc.

Les combinaisons suivantes sont les plus courantes :

- sondage par choix raisonnés (unités types, quota, itinéraires, ...)
- sondages aréolaires aléatoires (placettes, points, segments, transects, ...).

Chacune a ses avantages et ses inconvénients. Les sondages par choix raisonné sont majoritairement représentés par la méthode des **unités types** qui consiste à diviser la population (le paysage) en un certain nombre de sous unités homogènes et à sélectionner parmi chacune de ces sous unités un représentant « moyen » (exemple : un boisement de pin sylvestre « moyen », un ensemble pavillonnaire « type »). Celui-ci devra être représentatif des autres individus constituant le sous ensemble, pour la variable qui a servi à faire le découpage mais également pour celles que l'on souhaite étudier. Comme le souligne P. Ardilly (ARDILLY, 1999, p.163), ce choix « ... repose sur un pari audacieux : les individus **semblables** à l'individu moyen selon les variables qui ont servi précisément à définir cet individu moyen seront **également semblables** à l'individu moyen pour **toutes** les variables d'intérêt de l'enquête. ». L'avantage réside dans la relative simplicité de détermination de l'échantillon, mais il va de soi qu'aucune estimation du biais ou de la précision du résultat n'est possible.

Les sondages par **points** et par **placettes** sont des sondages probabilistes dont l'utilisation est recensée dans plusieurs inventaires d'occupation du sol. Un des plus connu, en France, est sans doute TER-UTI, une enquête sur l'utilisation du territoire mené par le Service central des enquêtes et études statistiques (SCEES) du Ministère de l'agriculture depuis le début des années 60 (FOURNIER, 1972). L'autre inventaire d'occupation du sol qui fait référence est celui de l'Inventaire forestier national (IFN) dont la mise en place remonte également aux années 60 (IFN, 1985). Dans les deux cas, l'Institut géographique national (IGN) réalise des couvertures aériennes, à des échelles comprises entre le 1/17 000 et le 1/30 000, sur lesquelles sont « incrustées » des grilles de points constituant l'échantillon.

1.3. Apport d'un tirage stratifié dans un processus d'évaluation des paysages

Stratifier, c'est découper l'univers, c'est-à-dire le paysage, en sous-ensembles homogènes (les strates) par rapport à une variable dont on suppose qu'elle est fortement corrélée avec celle(s) qu'on cherche à estimer. En pratique on stratifie sur une variable « principale » qui est corrélée avec la plus grande partie des variables étudiées. Le principal objectif est, en général, de réduire la variabilité de l'estimateur au niveau de l'univers, c'est-à-dire augmenter la précision de l'information globale, pour l'ensemble. Le deuxième objectif est d'obtenir une précision suffisante au niveau des strates (DESABIE, 1965, p.134), c'est-à-dire que l'on souhaite, en stratifiant, améliorer la précision des estimations sur certains sous-ensembles, ou bien encore, assurer une meilleure couverture géographique de l'univers et là pas forcément pour améliorer les estimations d'ensemble. Cependant, comme le rajoutent R. Clairin et Ph. Brion (CLAIRIN, 1997, p. 28) « Ces deux objectifs ne doivent pas être confondus. ». Il y a un choix à faire quant à la répartition de la base de sondage et donc de l'échantillon entre les strates. Ce choix est fonction de l'objectif que l'on juge prioritaire.

Lorsque le taux de sondage est le même pour toutes les strates, on parle de tirage stratifié représentatif (ou encore de sondage autopondéré). Ce tirage est le seul qui se dépouille comme un recensement (DESABIE, 1965, p.145). Sa moyenne simple est calculée sur l'échantillon et permet d'estimer la moyenne sur l'univers. La variance de cet estimateur stratifié représentatif est « ... toujours inférieure ou égale à celle du tirage aléatoire simple et d'autant plus inférieure que les moyennes calculées sur les strates diffèrent de la moyenne

GODARD (V.) – 2004 - L'évaluation des paysages : empirisme ou probabilisme, question d'objectif. Une réflexion sur le plan d'échantillonnage accompagnée d'un exemple d'évaluation des dégâts tempétueux pris dans la forêt de Conches-Breteuil (Eure). in : *L'évaluation du paysage : une utopie nécessaire ? À la recherche d'indicateurs / marqueurs pluridisciplinaires*. Montpellier 15 et 16 janvier 2004. D. Puech et A. Rivière-Honnegger ed., Montpellier, CNRS / Univ. Paul Valéry - Montpellier III : 249-259.

générale. » (CLAIRIN, 1999, p.31). On a donc toujours intérêt à stratifier. Concrètement, « *Le sondage autopondéré simplifie le dépouillement, conduit à des calculs faciles et ne réserve pas de mauvaises surprises en cas d'erreur, mais il risque d'aboutir à des résultats peu significatifs pour les petites strates et il ne donne pas – en général - la précision globale la meilleure.* » (CLAIRIN, 1997, p.35).

On aura compris, à l'aide ces quelques présentations de plans d'échantillonnage que, bien qu'il soit possible et parfois justifié de recourir à des méthodes empiriques, la nécessité d'évaluer, de quantifier certains aspects des paysages impose, en toute rigueur, de recourir à des méthodes probabilistes. Un simple calcul de surfaces, quelle que soit la méthode retenue, repose sur une sélection des échantillons qui relève du hasard, sinon le biais commis lors de la sélection est et restera inconnu, quoi que l'on fasse, rendant vaine toute extrapolation à l'ensemble de la zone d'étude. L'exemple présenté ci-après, est là pour démontrer l'intérêt et la faisabilité, en dehors des services statistiques, de ces démarches probabilistes.

2. Exemple d'utilisation de sondages probabilistes

Dans l'exemple développé ci-après, nous voulions déterminer le taux de dégâts sur l'ensemble de la zone d'étude, mais également le connaître par unité de gestion pour établir des comparaisons. Les deux objectifs sont donc contradictoires au regard de ce qui a été décrit en section 1.3. En fait, seule l'optimisation simultanée de ces deux objectifs est contradictoire.

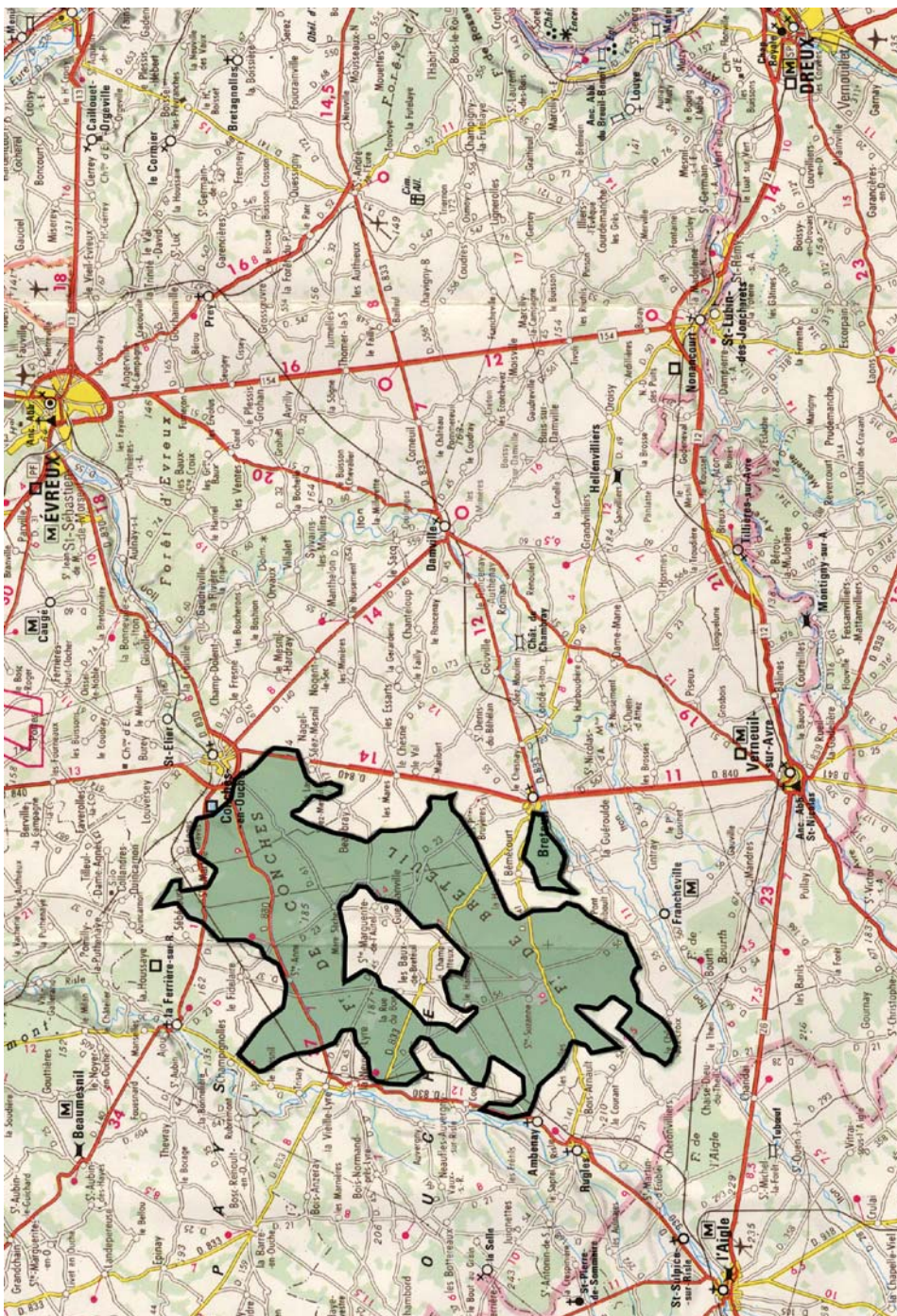
Les stratifications existent sous un grand nombre de variantes. Nous en avons pratiqué deux lors de ces inventaires (AMAT, 2003). L'une était à probabilités égales (Conches-Breteuil, Eure), l'autre non (Bourron-Marlotte, S.-et-M.). Celle qui est présentée est la plus simple, au regard de la mise en place et du dépouillement. Elle relève des tirages stratifiés représentatifs. Le taux de sondage est le même dans chaque strate. La probabilité d'être dans l'échantillon est la même pour tous.

2.1. Présentation de la zone d'étude

L'exemple porte sur le suivi des dégâts de la tempête de 1999 sur le massif forestier de Conches-Breteuil. Comme les autres sites d'étude, il est situé sur un plateau où les conditions du milieu sont assez constantes. Cela permet une comparabilité stationnelle pour évaluer l'impact des gestions sylvicoles de l'ensemble des sites au regard des dégâts constatés (AMAT, 2003). Le secteur étudié se présente en deux parties distinctes, l'une au nord, la forêt des Hospices civils de Lyon (HCL), forêt privée gérée par l'Office nationale des forêts (ONF) et l'autre au sud, également privée et gérée par le Groupement forestier de Souvilly (GFS). Le plan de sondage est un tirage systématique aligné de points mis en place à l'aide d'une grille « jetée » sur la carte topographique (IGN, 1981). Il a servi à enquêter 91 placettes d'environ 2 100 m² (30 m par 70 m), soit 44 pour les HCS et 47 pour le GFS (cf. Figure 2). La phase de terrain a eu lieu d'août à novembre 2000.

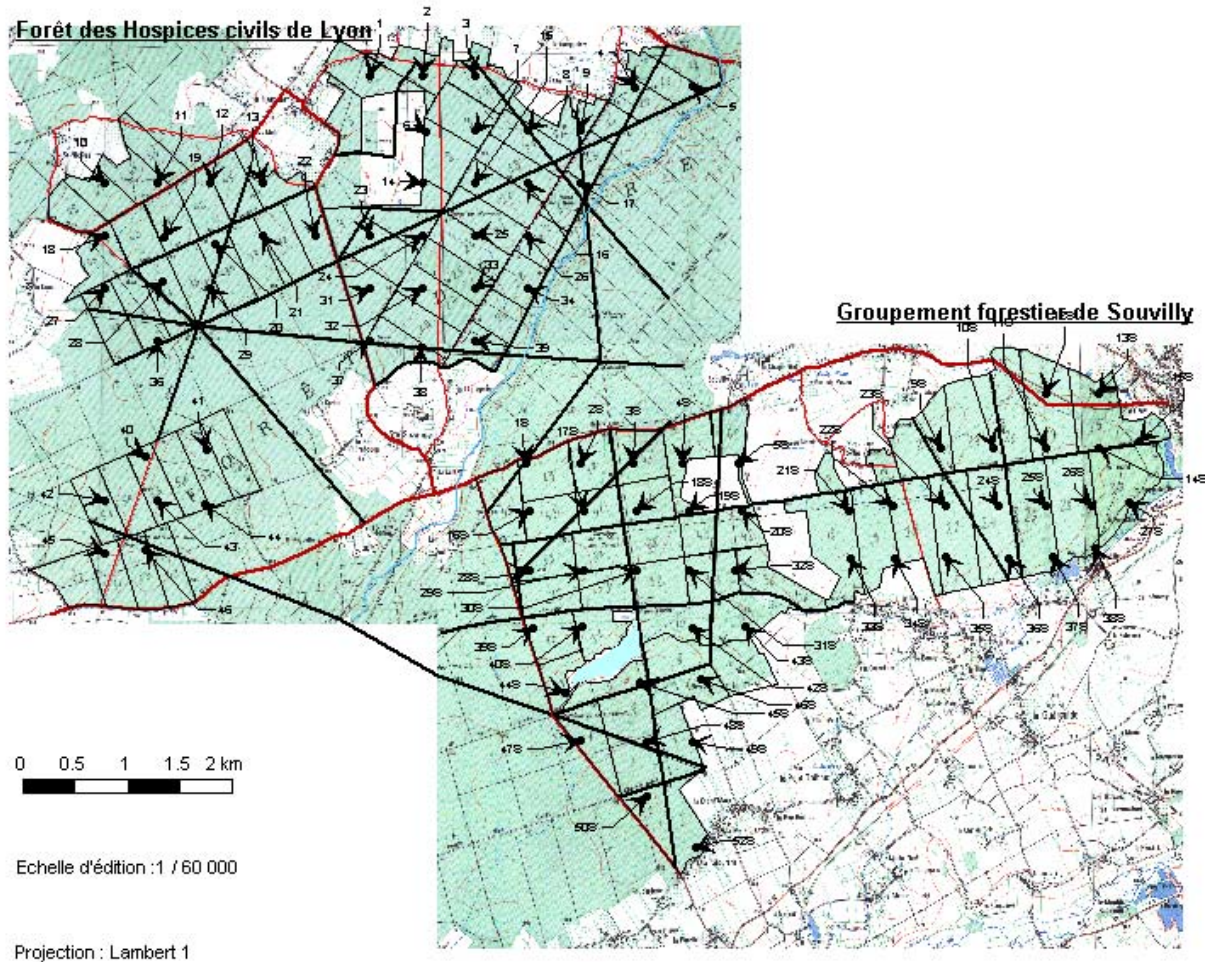
GODARD (V.) – 2004 - L'évaluation des paysages : empirisme ou probabilisme, question d'objectif. Une réflexion sur le plan d'échantillonnage accompagnée d'un exemple d'évaluation des dégâts tempêteux pris dans la forêt de Conches-Breteuil (Eure) . in : *L'évaluation du paysage : une utopie nécessaire ? À la recherche d'indicateurs / marqueurs pluridisciplinaires*. Montpellier 15 et 16 janvier 2004. D. Puech et A. Rivière-Honnegger ed., Montpellier, CNRS / Univ. Paul Valéry - Montpellier III : 249-259.

Figure 1 - Carte de localisation des forêts étudiées : Massif de Conches-Breteuil



Source : fond IGN, Série rouge au 1/250 000, n°102

Figure 2 - Répartition des points d'enquête dans la forêt des Hospices civils de Lyon et le GF de Souvilly



Voirie	
	Départementales
	Autres routes
	Allées cavalières
Parcellaire	
	Limite de parcelle et numéro d'un point d'enquête
Hydrographie	
	Etang
	Cours d'eau

Réalisation : vgodard@univ-paris8.fr (2003)

Sources : enquête et conception du SIG G. GUIOT 2001, carte IGN 19140

Source : GUIOT, 2001, p.30

2.2. Résultats de la stratification à probabilités égales

Cet article n'a pas pour objet de présenter les résultats des inventaires des dégâts relatifs à la tempête de 1999. Il est essentiellement méthodologique. Toutefois, il s'appuie sur les résultats d'un de ces inventaires pour décrire les calculs d'estimation de la proportion des dégâts sur le massif de Conches-Breteuil.

D'une manière générale, on a k strates. Chaque strate est considérée comme un sous-univers indépendant où l'on prélève un échantillon. L'univers des points enquêtés est noté M , celui de la strate h est noté M_h . La proportion des arbres touchés par la tempête (cassés ou tombés) est notée P . Cette proportion est inconnue, on va l'estimer sans biais par la proportion calculée sur l'échantillon stratifié p_s qui est la somme des proportions calculées sur chaque strate p_h comme indiqué par la formule n°1.

$$p_s = \sum_{h=1}^k \frac{M_h}{M} * p_h \quad \text{formule n°1 (DESABIE, 1964, p.144)}$$

Dans la mesure où le tirage se fait sans remise, le calcul de la variance de l'estimateur $v(p_s)$ s'effectue à l'aide la formule n°2. On tient compte des prélèvements de l'échantillon m_h par rapport à la population M_h de la strate h . Si p_h est la proportion par strate des arbres touchés, q_h est la proportion des arbres non touchés. C'est donc son complémentaire. On l'obtient en retranchant p_h de 1 (ou 100 p.100 si p est exprimé en pourcentages).

$$v(p_s) = \sum_{h=1}^k \frac{M_h^2}{M^2} * \frac{M_h - m_h}{M_h} * \frac{p_h * q_h}{m_h - 1} \quad \text{formule n°2}$$

Dans l'exemple qui est traité, il y a deux strates (k). Une correspond à « $h = 1$ » pour les Hospices, l'autre à « $h = 2$ » pour Souvilly. Leurs valeurs sont reprises dans le tableau des paramètres (cf. Tableau 1).

Tableau 1 – Paramètres du plan d'échantillonnage

		Nb. d'échantillons possibles		Nb.d'échantillons enquêtés
Ensemble	$M =$	11082.38	$m =$	91
Strate n°1 HCS	$M1 =$	5394.29	$m1 =$	44
Strate n°2 GFS	$M2 =$	5688.10	$m2 =$	47

On obtient donc une proportion de dégâts estimée sur les échantillons de :

$$p_s = \left(\frac{5\,394,29}{11\,082,38} * 33,5\% \right) + \left(\frac{5\,688,10}{11\,082,38} * 12,2\% \right) = 22,59\%$$

La variance de cette estimation p_s , proportion stratifiée, est :

$$v(p_s) = \left(\left(\frac{5\,394,29}{11\,082,38} \right)^2 * \frac{5\,394,29 - 44}{5\,394,29} * \frac{33,5 * 66,5}{44 - 1} \right) + \left(\left(\frac{5\,688,10}{11\,082,38} \right)^2 * \frac{5\,688,10 - 47}{5\,688,10} * \frac{12,2 * 87,8}{47 - 1} \right)$$

Soit :

$$v(p_s) = 0,183\%$$

Les deux objectifs de la stratification présentés à la section 1.3 sont d'une part de faire une estimation globale de la proportion réelle P à partir des deux secteurs d'étude et d'autre part de faire une évaluation strate par strate à des fins de comparaisons. Pour le premier objectif, il faut se demander si la stratification « géographique » utilisée permet d'améliorer la précision de l'estimation globale. Si tel est le cas, cela veut dire qu'ici la variable répartition spatiale (connue) est corrélée à la variable dégât (inconnue et recherchée), avec ou sans variables intermédiaires (histoire des peuplements, gestions, caractéristiques aérologiques,...), donc qu'ici la séparation physique vaut strate.

Le calcul de la variance de l'estimateur $v(p)$ sur l'ensemble de la zone d'étude (sans stratification) s'effectue à l'aide la formule n°3. Là encore, le tirage se fait sans remise.

$$v(p) = \frac{M - m}{M} * \frac{p * q}{m - 1}$$

formule n°3 (DESABIE, 1964, p.92)

Tableau 2 – Apport de la stratification dans l'estimations des dégâts en forêt de Conches-Breteil

Stratification	Proportion des dégâts	Variance de cette proportion	Ecart-type	CV	Erreur-type ($\alpha = 0,05$)	Intervalle de confiance borne inférieure	borne supérieure	Précision
Avec	22.59%	0.183%	4.3%	18.9%	0.88%	21.71%	23.47%	3.9%
Sans	22.59%	0.193%	4.4%	19.4%	0.90%	21.69%	23.49%	4.0%

Bien que la différence de dégâts (proportion pour les strates 1 et 2, cf. Tableau 3) soit nette, la comparaison des résultats avec et sans stratification pointe la faible efficacité de cette stratification quant à l'amélioration globale de la précision de l'estimation de la proportion P des dégâts (cf. Tableau 2). Au risque $\alpha = 5$ p.100, la proportion P de dégâts appartient à l'intervalle $22,6$ p.100 \pm $0,88$ p.100 si le sondage est stratifié ou à l'intervalle $22,6$ p.100 \pm $0,9$ p.100 s'il ne l'est pas ! Le choix de la variable stratifiante n'est pas pertinent pour l'amélioration globale. L'est-il pour le deuxième objectif ?

L'estimation des proportions et de leur variance par strate se dépouillent comme un recensement (cf. *supra*). Sur chaque strate, p_h est l'estimation de la proportion d'arbres touchés et $v(p_h)$ l'estimation de la variance de cette proportion. Elle se calcule à l'aide de la formule n°3.

Tableau 3 – Résultats des estimations par tirage stratifié en forêt de Conches-Breteil

Massifs	Proportion des dégâts	Variance de cette proportion	Ecart-type	CV	Erreur-type ($\alpha = 0,05$)	Intervalle de confiance borne inférieure	borne supérieure	Précision
Strate 1 HCL	33.5%	0.122%	3.5%	10.4%	1.0%	32.5%	34.5%	3.1%
Strate 2 GFS	12.2%	0.061%	2.5%	20.2%	0.7%	11.5%	12.9%	5.8%
Ensembles	22.59%	0.183%	4.3%	18.9%	0.88%	21.71%	23.47%	3.9%

GODARD (V.) – 2004 - L'évaluation des paysages : empirisme ou probabilisme, question d'objectif. Une réflexion sur le plan d'échantillonnage accompagnée d'un exemple d'évaluation des dégâts tempêteux pris dans la forêt de Conches-Breteuil (Eure). in : *L'évaluation du paysage : une utopie nécessaire ? À la recherche d'indicateurs / marqueurs pluridisciplinaires*. Montpellier 15 et 16 janvier 2004. D. Puech et A. Rivière-Honnegger ed., Montpellier, CNRS / Univ. Paul Valéry - Montpellier III : 249-259.

La différence entre les deux strates est nette. Elle est même hautement significative d'après le test U de Mann et Whitney (AMAT, 2003, p.43). La précision des estimations (erreur-type divisée par proportion des dégâts au seuil de 5 p.100) est bonne. Elle est de 3 p.100 pour la strate 1 et de 6 p.100 pour la strate 2. Cela conduit à une précision globale de 4 p.100.

Cette fois-ci, la stratification remplit nettement son rôle. La couverture géographique des deux espaces (strates géographiques) est correcte car ils ont un nombre d'échantillon suffisant pour tester leur différence de manière significative.

Conclusion

A plusieurs reprises, il est apparu nécessaire, dans la démarche d'évaluation des paysages, de quantifier tel ou tel élément d'occupation du sol ou telle ou telle caractéristique du paysage. Il a été rappelé que les méthodes empiriques comme les méthodes probabilistes sont capables de produire une estimation. Cependant, seules les méthodes probabilistes sont capables de fournir la précision de cette estimation.

L'observation de terrain reste indispensable pour évaluer (quantifier) le paysage. Dans ce processus, il est nécessaire que l'échantillon de terrain soit représentatif, à savoir, d'une manière ou d'une autre, proportionnel à chaque type d'occupation du sol. Les sondages probabilistes s'opposent aux sondages empiriques dans la mesure où on ne connaît pas a priori, dans ces derniers, la probabilité d'appartenance d'un individu à l'échantillon. En général, ils sont utilisés lorsqu'il y a absence de base de sondage. Ce n'est donc pas un argument opposable lorsque l'on dispose de cartes, photographies aériennes ou autres images satellitaires du paysage à inventorier. En revanche, ils sont plus rapides et moins chers à mettre en œuvre que les sondages probabilistes (ARDILLY, 1994, p.153), « *Le coût du sondage, qui est alors faible, peut compenser le manque (inconnu) de précision.* » (GOURIEROUX, 1981, p.156) et souvent plus simple à gérer pour les cas de non-réponse (terrains en grillage, donc inaccessibles,...).

Bibliographie

- AMAT (J.-P.), GODARD (V.), HOTYAT (M.) - 2003 – *Bilan des dégâts : Milieu, gestion, histoire et scénarios de reconstitution dans les sylvosystèmes touchés par les tempêtes de décembre 1999*. GIP-ECOFOR, Min. agriculture, 132 p.
- ARDILLY (P.) – 1994 – *Les techniques de sondage*. Paris, Éd. Technip, 393 p.
- CLAIRIN (R.), BRION (Ph.) – 1997 - *Manuel de sondages. Applications aux pays en développement*. Paris, CEPED, 2ème éd., Documents et Manuels du CEPED n°3, 108 p.
- DESABIE (J.) - 1965 - *Théorie et pratique des sondages*, Dunod, Paris, 481p
- FOURNIER (Ph.) – 1972 – *Étude sur l'utilisation du territoire. Méthodologie. Résultats 1969-1970-1971*. Paris, Ministère de l'agriculture, SCEES, Série Études, supplément du n°104, 112 p.
- GOURIEROUX (Ch.) – 1981 – *Théorie des sondages*. Paris, Economica, 272 p.
- GUIOT (G.) – 2001 *Analyse de l'impact de la tempête de décembre 1999 à l'aide d'un SIG sur deux forêts du département de l'Eure en Haute Normandie, la forêt des Hospices civils de Lyon et le groupement forestier de Souvilly*. Université Paris VIII, mémoire de maîtrise de géographie, 154 p.
- IFN – 1985 – *But et méthodes de l'inventaire forestier national*. Paris, Ministère de l'agriculture, Service des forêts. 67 p.
- IGN – 1981 - 19140, La-Neuve-Lyre, 1/25 000
- LA ROCQUE (S. de) - 2003 - Épidémiologie des trypanosomoses africaines. Analyse et prévision du risque dans les paysages en transformation. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*. Juin 2003, n°49 : 80-86.