



La stratégie d'échantillonnage pour la qualification

La qualification exhaustive *in situ* des pré-UVC n'étant raisonnablement pas envisageable sur la totalité des surfaces de France, seule une partie des pré-UVC (= échantillon) est qualifiée sur le terrain. L'analyse de l'échantillon doit permettre, *in fine*, de caractériser l'ensemble des pré-UVC : les propriétés des pré-UVC non qualifiées sur le terrain sont déduites, ou extrapolées, de celles de l'échantillon, à partir des données récoltées *in situ*. L'échantillonnage est donc déterminant pour optimiser la pertinence et la fiabilité de l'extrapolation. La stratégie d'échantillonnage définit précisément les règles de constitution de l'échantillon.

1. Modalités de l'échantillonnage

1.1. Échantillonnage stratifié

L'échantillonnage est dit stratifié ou raisonné lorsque le choix des unités « échantillon » est effectué en fonction de critères préétablis, séparant l'ensemble en sous-ensembles, ou strates, mutuellement exclusifs et collectivement exhaustifs. C'est la méthode la plus couramment employée dans l'analyse des données écologiques. En l'occurrence, l'hypothèse de départ est que la variabilité typologique des UVC n'est pas le fait du hasard, mais qu'au contraire il existe un certain nombre de paramètres, principalement mésologiques, structurant cette variabilité (la végétation étant une réponse aux conditions de milieu).

La stratification de l'échantillonnage est réalisée sur la base des paramètres structurants, l'objectif étant de minimiser la variabilité interne de chacune des strates ou sous-ensembles (variance intrastrate), tout en maximisant la variabilité entre strate (variance interstrate).

Il est possible d'emboîter plusieurs stratifications correspondant à des niveaux hiérarchiques différents. Ainsi une première stratification peut être effectuée sur la base de paramètres globaux, conduisant à partitionner l'espace en macro-strates homogènes, puis d'opérer une seconde stratification basée sur des paramètres locaux, consistant à identifier des sous-strates au sein des macro-strates. On parle alors d'échantillonnage stratifié à deux niveaux. Il est bien entendu possible d'emboîter un plus grand nombre de niveaux.

1.2. Pression d'échantillonnage

L'effectif de l'échantillon est une donnée cruciale qui détermine la fiabilité des estimations : plus la pression d'échantillonnage est élevée, plus la précision des extrapolations est forte. La pression ou l'effort d'échantillonnage est donc souvent le résultat d'un compromis entre le degré de précision à atteindre et les contraintes budgétaires, mais aussi d'autres contraintes comme le temps disponible, la complexité des mesures à effectuer, etc.

1.3. Répartition de l'effectif dans les strates : l'allocation

Nous verrons qu'après la stratification, la question de la répartition de l'échantillonnage dans les strates est un point essentiel dans la stratégie d'échantillonnage. Deux types d'allocations existent : l'allocation proportionnelle lorsque l'effectif de chaque strate est proportionnel au poids de la strate, l'allocation optimale lorsque l'effectif est proportionnel à la variabilité de la strate.

1.4. Choix des unités « échantillon »

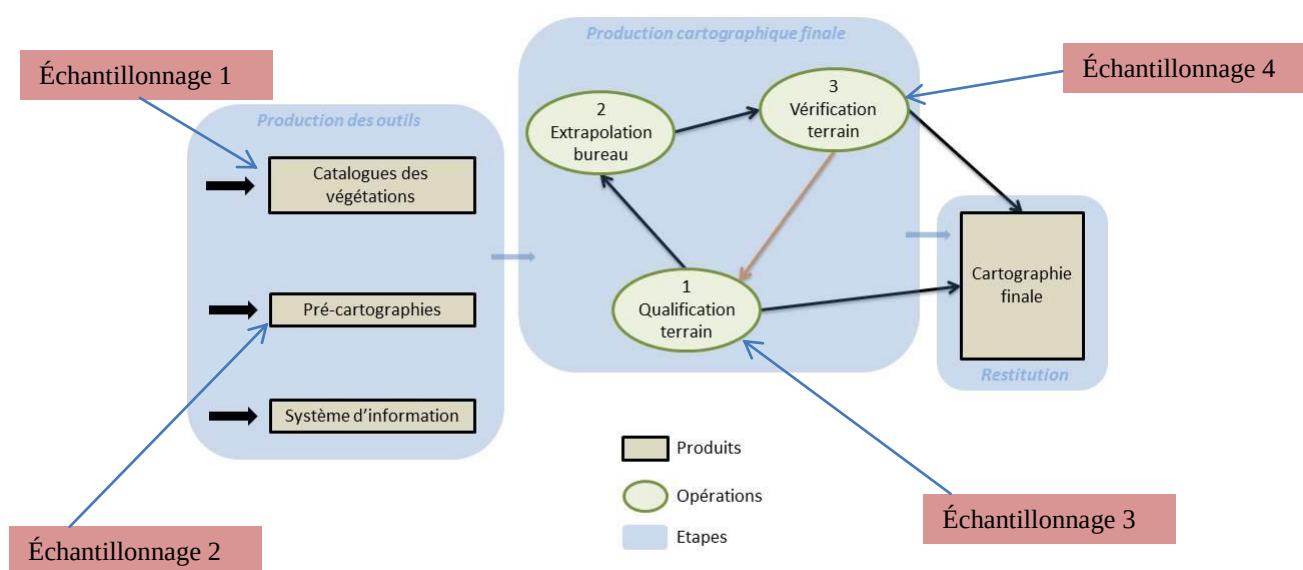


La stratégie d'échantillonnage pour la qualification

Le choix le plus classique consiste à appliquer un plan aléatoire simple au sein de chaque strate : les unités « échantillon » sont tirées au hasard dans la strate. Cependant, il est possible d'avoir à intégrer d'autres paramètres ou contraintes de coût dans le choix des unités, et de choisir les unités permettant d'optimiser l'efficacité des prospections terrain ou encore de répondre à ces critères supplémentaires. On parle alors d'échantillonnage orienté ou dirigé.

1.5. Place de l'échantillonnage dans la démarche de cartographie

La figure 1 ci-dessous reprend la démarche générale et permet d'identifier quelles sont les opérations de la démarche de cartographie qui font appel à un échantillonnage et à des prospections de terrain :



Rappel des principes de production de la cartographie CarHAB

Figure 1 : Les étapes de production de la cartographie.

Quatre stratégies d'échantillonnage doivent être précisées pour l'application de la démarche de cartographie : elles concernent les opérations de i) production des catalogues typologiques, ii) production de la pré-cartographie, iii) qualification terrain d'UVC, iv) validation et compléments terrain.

Les échantillonnages 1 et 2 ayant déjà été décrits dans la partie 3.2 et dans les fiches C1, C2 et A3, seuls les échantillonnages 3 et 4 relatifs à la qualification phytosociologique des pré-UVC sont détaillés ci-dessous.



La stratégie d'échantillonnage pour la qualification

2. Echantillonnage pour la qualification phytosociologique des unités de végétation cartographiables

Cette phase permet d'aboutir à la production des données utiles à la production cartographique finale. Elle pourra aussi, en cas de besoin, être l'occasion de compléter les catalogues descriptifs des unités typologiques de végétation (UTV).

2.1. Qualification *in situ* des pré-UVC - Échantillonnage 3

2.1.1. Objectifs

La qualification *in situ* des pré-UVC vise à :

- recueillir un lot suffisant de données sur les pré-UVC pour en dégager les caractéristiques par type, et en particulier définir précisément les liens entre (UTV) et unités de la pré-cartographie (pré-UVC) afin de pouvoir qualifier *ex situ* des pré-UVC (capacité prédictive de la pré-cartographie) ;
- si nécessaire, conforter la validité statistique de la composition syntaxonomique des cellules paysagères par la réalisation de relevés complémentaires.

2.1.2. Stratification de l'échantillonnage

Dans cet échantillonnage, la question de la stratification est théoriquement simple puisque les sous-ensembles supposés homogènes ont été définis et cartographiés dans la pré-cartographie. Chaque type de pré-UVC constitue une strate particulière. La pré-cartographie intégrée est donc mobilisée en l'état pour stratifier l'échantillonnage.

2.1.3. Pression et allocation d'échantillonnage

Un taux minimal global de prospections initiales *in situ* est nécessaire dans la phase de production cartographique. Il garantit notamment une certaine homogénéité nationale des données et de leur précision. La répartition de l'échantillonnage suit le principe d'une allocation « mixte », en deux temps :

- allocation optimale (l'effectif est proportionnel à la variabilité de la strate) : plus une strate est hétérogène, plus elle est échantillonnée ;
- allocation proportionnelle : un ajustement de l'effectif sera effectué en fonction du poids de la strate (i.e. de sa superficie totale). Plus la strate est représentée sur le territoire, plus elle est échantillonnée.

Il est possible de préciser quelles sont les situations hétérogènes qui nécessitent un effort d'échantillonnage plus important du fait de leur grande variabilité intrinsèque mais aussi de leurs enjeux patrimoniaux potentiels. Elles couvrent les mêmes sous-ensembles que ceux identifiés dans l'échantillonnage pour la typologie (cf. § 3.2 et fiche C2) :

- complexes de zones humides : tous les clusters du fond environnemental caractérisés par une humidité du substrat élevée ;
- compartiment physionomique prairial : la composante « herbacée » du fond physionomique.



La stratégie d'échantillonnage pour la qualification

À l'inverse, certains milieux sont volontairement sous-prospectés : il s'agit de l'ensemble des cultures agricoles dont la qualification typologique se situe, non pas au niveau de la végétation spontanée actuelle, mais uniquement au niveau de la potentialité sériale, elle-même déduite de la composante environnementale de la pré-cartographie. L'essentiel du travail de terrain sur la trame culturelle consiste donc en un contrôle qualité de la pré-cartographie physionomique sur ce poste.

2.1.4. Choix des unités d'échantillon

Pour orienter le choix des surfaces à cartographier *in situ*, les considérations additionnelles suivantes sont prises en compte :

- optimiser l'effort de prospection en favorisant des secteurs présentant un maximum de diversité dans les types de pré-UVC, en évitant néanmoins les situations de trop forte fragmentation (risque accru de types fragmentaires) ;
- contrairement aux prospections de la phase typologique, veiller à multiplier le nombre de secteurs échantillons et à les répartir sur l'ensemble du territoire afin d'obtenir une couverture surfacique régulière, sans zone vierge ;
- prioriser des secteurs intégrant les aires protégées ou à statut environnemental concentrant le patrimoine naturel du territoire (PN, PNR, RNN, RNR, ENS, SIC, ZNIEFF) pour favoriser l'acquisition de données précises sur ces zones prioritaires.

2.2. Qualification ex situ des UVC

2.2.1. Objectif

La qualification *ex situ* vise à créer et qualifier des pré-UVC par extrapolation, à partir de la pré-cartographie et des liaisons entre UTV et pré-UVC. Cette étape revêt un caractère exhaustif : toutes les pré-UVC non qualifiées *in situ* devront être expertisées, à des niveaux de précision et de fiabilité divers dépendant de la force des relations entre pré-UVC et UTV.

2.2.2. Méthode

À l'issue de la première phase de terrain, le cartographe dispose d'un échantillon d'UVC qualifiées *in situ*. L'analyse des liens entre pré-UVC et UTV consiste à établir un tableau de correspondance à double entrée (tab. 1) avec, en colonne les types de pré-UVC, en ligne les UTV, et en donnée croisée la fréquence de réalisation, calculée à partir du jeu de données récolté. Les fréquences marginales sont égales à 100 % (toutes les UTV s'observent obligatoirement dans des pré-UVC, et toutes les pré-UVC de l'échantillon sont caractérisées par des UTV).



La stratégie d'échantillonnage pour la qualification

Tableau 1 : Tableau de correspondance à double entrée établissant les liens entre les types de pré-unités de végétation cartographiables et les unités typologique de végétation

		Cluster 1		Cluster 2			
		Pré-UVC1 <i>Physio1 x Cluster1</i>	Pré-UVC2 <i>Physio2 x Cluster1</i>	Pré-UVC3 <i>Physio1 x Cluster2</i>	...	Pré-UVCn	TOTAL
Série 1	UTV1 <i>Cpay 1 de la série 1</i>	95%	2%	3%	...	-	100%
	UTV2 <i>Cpay 2 de la série 1</i>	2%	70%	15%	...	10%	100%
Série 2	UTV3 <i>Cpay 1 de la série 2</i>	-	-	40%	...	20%	100%
	...	...	...	...	...	...	100%
	UTVp	3%	10%	40%	...	20%	100%
	TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	

L'organisation de ce tableau est importante et l'ordre des UTV et des pré-UVC doit être hiérarchisé. Ainsi, toutes les unités typologiques de niveau 2 (cellules paysagères - *Cpay*) appartenant à une même série se suivent dans le tableau, pour retrouver par agglomération de cellules le niveau d'intégration supérieur, correspondant à la série dans son ensemble. Il en est de même pour les pré-UVC : toutes les physionomies d'un même cluster environnemental doivent être accolées, avant de passer à un autre cluster environnemental. Une telle organisation permet une lecture différenciée des résultats, et une étude des liaisons à deux niveaux :

- entre les clusters du fond environnemental et les potentialités sériales ou géosériales,
- entre les postes du fond physionomique et les grandes catégories de cellules paysagères définis en annexe 1.

Classement des pré-UVC par grand type de relation

L'exploitation du tableau de correspondance à double entrées aboutit à un classement exhaustif des types de pré-UVC dans les catégories suivantes :

<u>Catégorie 1</u>	relation unique ou presque (ex : pré-UVC1 = UTV1) et l'indice de confiance affecté lors de la détermination de l'UTV de niveau 2 est « haute » : une qualification <i>ex situ</i> est possible sans information supplémentaire, avec une marge d'erreur faible.
<u>Catégorie 2</u>	relation multiple, mais avec un lien dominant (ex. : pré-UVC2 ≈ UTV2) où l'indice de confiance affecté lors de la détermination de l'UTV de niveau 2 est « moyen » : la qualification <i>ex situ</i> reste possible sans information supplémentaire, mais avec une marge d'erreur plus élevée.
<u>Catégorie 3</u>	relation multiple, sans lien dominant (ex. : pré-UVC3 ≈ UTV3 + UTVp) où l'indice de confiance affecté lors de la détermination de l'UTV de niveau 2 est « faible ». Qualification impossible sans information supplémentaire, mais la liste des possibilités se réduit considérablement.
<u>Catégorie 4</u>	relation inexploitable (liens trop nombreux) : qualification impossible sans information supplémentaire, pas de réduction des possibilités.



La stratégie d'échantillonnage pour la qualification

2.3. Validation et compléments in situ de l'extrapolation - Échantillonnage 4

2.3.1. Objectif

Cette étape vise à :

- contrôler les qualifications *ex situ* des pré-UVC dont l'indice de confiance est « haut » ou « moyen » (catégories 1 et 2 ci-dessus) ;
- qualifier les pré-UVC dont la détermination *ex situ* est non concluante (catégorie 3 et 4) ;
- enrichir l'échantillonnage initial pour améliorer la capacité d'extrapolation des types incertains et l'estimation générale des catégories 2, 3 voire 4.

Seul l'échantillonnage pour la validation des qualifications *ex situ* est développé dans cette partie. **La qualification des pré-UVC n'ayant pu être déterminée par extrapolation (catégories 3 et 4) sera obligatoirement exhaustive** (caractère exhaustif de la carte), il n'est donc pas question d'échantillonnage pour ce type d'unités. La méthode de qualification *in situ* est décrite au paragraphe 5.1 du guide.

2.3.2. Stratification de l'échantillonnage

Dans l'étape de validation, les strates correspondent aux différentes UTV ayant permis de qualifier les UVC *ex situ*.

2.3.3. Pression et allocation d'échantillonnage

Toutes les strates doivent être prospectées pour assurer un contrôle exhaustif des différentes situations. Le taux de base de vérification est fixé à 10 % des UVC dans chaque strate. Ce pourcentage de vérification, valable pour un type d'UVC de catégorie 1, est revu à la hausse pour les UVC de catégorie 2. La pression d'échantillonnage sera donc égale à :

- 10 % de l'effectif pour un type d'UVC de catégorie 1 (proposition à confirmer par les retours terrain) ;
- 20 % de l'effectif pour type d'UVC de catégorie 2 (proposition à confirmer par les retours terrain).

Prenons l'exemple d'un type d'UVC, caractérisé ex situ par une même UTV, et représenté sur le territoire par 500 polygones. L'effectif échantillon pour le contrôle de ce type d'UVC sera de 50 polygones (10 %) s'il s'agit d'une UVC de catégorie 1, mais porté à 100 polygones (20 %) si c'est une UVC de catégorie 2.

2.3.4. Choix des unités « échantillon »

Des considérations additionnelles pour le choix des secteurs à prospecter sont à prendre en compte :

- optimiser l'effort de prospections en favorisant des zones variées riches en UVC de catégorie 2 ;
- veiller à multiplier le nombre de secteurs échantillons et à les répartir sur l'ensemble du territoire afin d'obtenir une couverture surfacique régulière, sans zone vierge ;



La stratégie d'échantillonnage pour la qualification

- privilégier des parcours par transects orientés de façon à maximiser les types d'UVC à contrôler en un minimum de distance.

2.4. Calendrier proposé

Tableau 2 : modèle de calendrier pour l'échantillonnage visant la qualification des unités de végétation cartographiées

Opération	Hiver 3	Été 3	Hiver 4	Été 4	Hiver 5	Été 5	Hiver 6
Préparation du plan d'échantillonnage pour les qualifications <i>in situ</i>							
Prospections terrain : qualification précise initiale <i>in situ</i>							
Analyses des données et qualification <i>ex situ</i> des pré-UVC							
Préparation du plan d'échantillonnage pour les contrôles <i>in situ</i>							
Prospections terrain : contrôle des qualifications <i>ex situ</i>							
Prospections terrain : qualification des pré-UVC non qualifiées							
Analyses des données et feedback sur la qualification <i>ex situ</i>							
Prospections terrain : contrôle des qualifications <i>ex situ</i>							
Prospections terrain : qualification des pré-UVC non qualifiées							
Validation générale et rendu cartographique							

Rédaction : Gaël Causse et Sylvain Bellenfant (CBN du Bassin parisien)



La stratégie d'échantillonnage pour la qualification

Bibliographie

Hill D., Fasham M., Tucker G., Shewry M & Shaw Ph., 2005. *Handbook of Biodiversity Methods. Survey, Evaluation and Monitoring*. Cambridge University Press, New York, 588 p. (précisément la partie 2.3. : 23-41)

Fiers V., 2003. *Études scientifiques en espaces naturels. Cadre méthodologique pour le recueil et le traitement des données naturalistes*. Cahiers techniques de l'ATEN n°72. Réserves Naturelles de France, Montpellier, 96 p.

Bazin N. & Gaudin S., 2003. *Tests d'une méthode de cartographie rapide des stations forestières, Synthèse générale*. CRPF Champagne-Ardenne, version 1.2, 47 p. + annexes.