

COLLOQUE

60 ANS D'INVENTAIRE POUR ÉCLAIRER L'AVENIR



15 octobre 2018



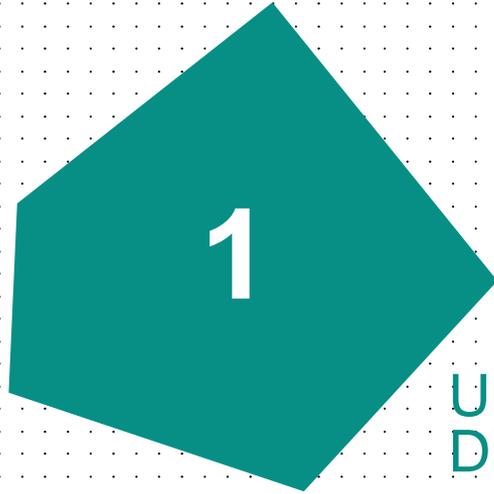
L'INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL : UN REGARD EN ÉVOLUTION SUR LA FORÊT FRANÇAISE

THIERRY TOUZET, STÉPHANIE WURPILLOT



15 octobre 2018





UN INVENTAIRE
DÉPARTEMENTAL

1958 : une ordonnance du Général de Gaulle

Art. 4. — Il est inséré dans le code forestier deux articles, 204-1 et 204-2, ainsi conçus :

« Art. 204-1. — Le ministre de l'agriculture procédera, avec l'aide technique de l'institut national de statistique et d'études économiques et l'aide financière du fonds forestier national, à l'inventaire permanent des ressources forestières nationales, indépendamment de toute question de propriété.

« Art. 204-2. — En vue de la réalisation de l'inventaire prévu à l'article précédent, les dispositions des articles 1^{er} à 4, 6 et 7 de la loi n° 374 du 6 juillet 1943, modifiée et validée par la loi n° 57-391 du 28 mars 1957 et relative à l'exécution des travaux géodésiques et cadastraux, sont applicables à l'exécution des travaux nécessaires à la localisation topographique des placettes de comptage, au recensement du matériel ligneux sur pied qu'elles renferment et à l'évaluation de sa production. »

Extrait de l'ordonnance du 24 septembre 1958

Des objectifs liés à la production de bois

- **Buts et méthodes (1972)**

- les superficies, d'après les grandes catégories de propriétés (domanial, communal et autres forêts soumises, particulier) types de forêts, traitements, essences, classes d'âge, catégories de dimensions, densités;
- les volumes sur pied;
- les accroissements courants annuels de ces volumes;
- les nombres d'arbres.



- *« Il tombe en effet sous le sens que l'estimation du volume sur pied et la distribution diamétrique d'un mauvais taillis de chênes verts ne justifient pas la même précision que celle souhaitée, par exemple, pour la très riche forêt de Bercé ou la sapinière des Vosges. »*

Une mise en place progressive

- Trois ingénieurs pour tout inventer

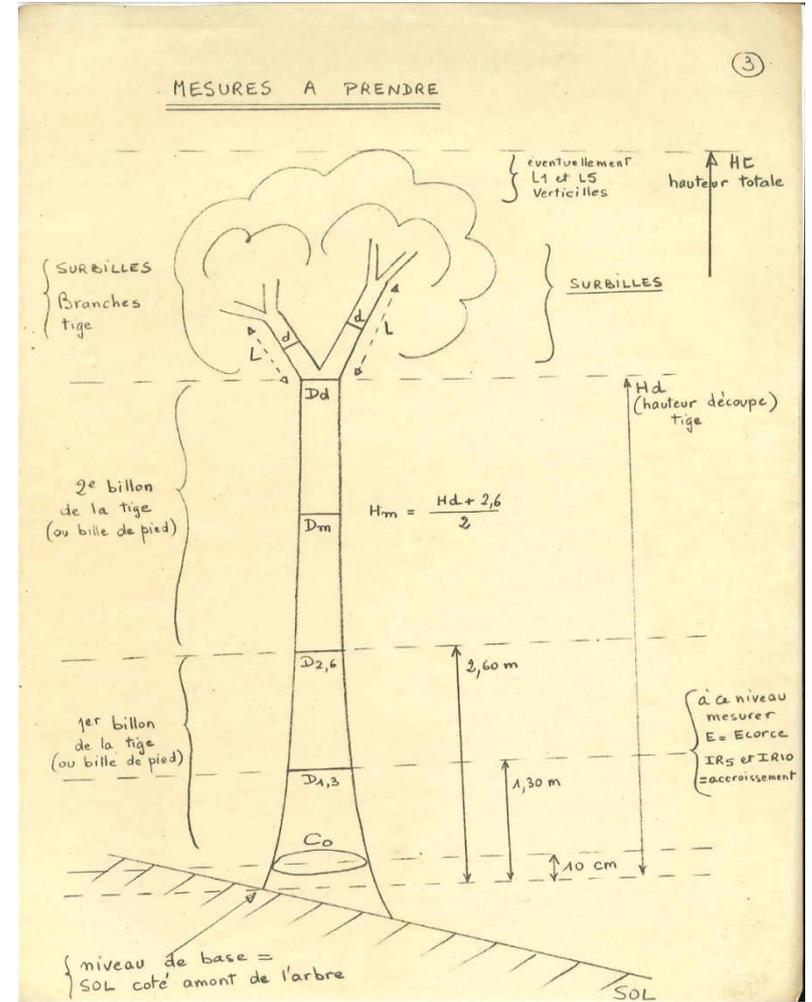
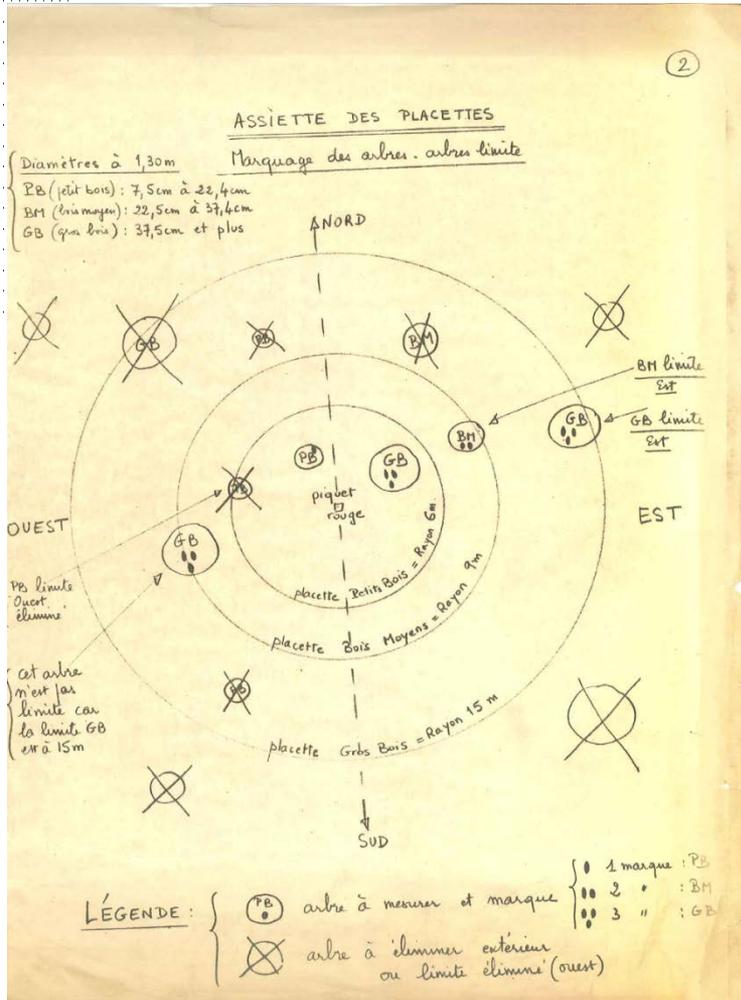
- Lucien Brenac
- Louis Huguet
- Roger Balleydier



- Un début dans le massif landais

« Il fut décidé de commencer les travaux de terrain, et de se « faire la main », dans la région forestière la plus importante, mais aussi la plus homogène du point de vue forestier, à savoir la région landaise. »

Des bases solides



Les différentes phases



FICHE D'INTERPRÉTATION DES PHOTOGRAPHIES		DÉPARTEMENT	1/100 000	SCALETTE	1/100 000	PROCALE	1/100 000
FEUILLE 1/50000 : CHARENTAIS DU CHER		MISSION : PS PR 2006		DATE :			
DATE D'INTERPRÉTATION : 4/1997		DATE :		ÉCHELLE THÉORIQUE 1/15000			
PHOTO-INTERPRÉTÉ : MALACOURT		PHOTOS P. 1/196					
CYCLE D'INVENTAIRE : 2							
IDENTIFICATION		INVENTAIRE PAR POINTS				INVENTAIRE PAR CERCLES	
N°	I	N° PHOTO-POINT	U.D.	Sché	Type	Adresse circonférence	N°
1	1	101	1	1	1	1	1
2	1	102	1	1	1	1	1
3	1	103	1	1	1	1	1
4	1	104	1	1	1	1	1
5	1	105	1	1	1	1	1
6	1	106	1	1	1	1	1
7	1	107	1	1	1	1	1
8	1	108	1	1	1	1	1
9	1	109	1	1	1	1	1
10	1	110	1	1	1	1	1
11	1	111	1	1	1	1	1
12	1	112	1	1	1	1	1
13	1	113	1	1	1	1	1
14	1	114	1	1	1	1	1
15	1	115	1	1	1	1	1
16	1	116	1	1	1	1	1
17	1	117	1	1	1	1	1
18	1	118	1	1	1	1	1
19	1	119	1	1	1	1	1
20	1	120	1	1	1	1	1
21	1	121	1	1	1	1	1
22	1	122	1	1	1	1	1
23	1	123	1	1	1	1	1
24	1	124	1	1	1	1	1
25	1	125	1	1	1	1	1
26	1	126	1	1	1	1	1
27	1	127	1	1	1	1	1
28	1	128	1	1	1	1	1
29	1	129	1	1	1	1	1
30	1	130	1	1	1	1	1
31	1	131	1	1	1	1	1
32	1	132	1	1	1	1	1
33	1	133	1	1	1	1	1
34	1	134	1	1	1	1	1
35	1	135	1	1	1	1	1
36	1	136	1	1	1	1	1
37	1	137	1	1	1	1	1
38	1	138	1	1	1	1	1
39	1	139	1	1	1	1	1
40	1	140	1	1	1	1	1
41	1	141	1	1	1	1	1
42	1	142	1	1	1	1	1
43	1	143	1	1	1	1	1
44	1	144	1	1	1	1	1
45	1	145	1	1	1	1	1
46	1	146	1	1	1	1	1
47	1	147	1	1	1	1	1
48	1	148	1	1	1	1	1
49	1	149	1	1	1	1	1
50	1	150	1	1	1	1	1
51	1	151	1	1	1	1	1
52	1	152	1	1	1	1	1
53	1	153	1	1	1	1	1
54	1	154	1	1	1	1	1
55	1	155	1	1	1	1	1
56	1	156	1	1	1	1	1
57	1	157	1	1	1	1	1
58	1	158	1	1	1	1	1
59	1	159	1	1	1	1	1
60	1	160	1	1	1	1	1
61	1	161	1	1	1	1	1
62	1	162	1	1	1	1	1
63	1	163	1	1	1	1	1
64	1	164	1	1	1	1	1
65	1	165	1	1	1	1	1
66	1	166	1	1	1	1	1
67	1	167	1	1	1	1	1
68	1	168	1	1	1	1	1
69	1	169	1	1	1	1	1
70	1	170	1	1	1	1	1
71	1	171	1	1	1	1	1
72	1	172	1	1	1	1	1
73	1	173	1	1	1	1	1
74	1	174	1	1	1	1	1
75	1	175	1	1	1	1	1
76	1	176	1	1	1	1	1
77	1	177	1	1	1	1	1
78	1	178	1	1	1	1	1
79	1	179	1	1	1	1	1
80	1	180	1	1	1	1	1
81	1	181	1	1	1	1	1
82	1	182	1	1	1	1	1
83	1	183	1	1	1	1	1
84	1	184	1	1	1	1	1
85	1	185	1	1	1	1	1
86	1	186	1	1	1	1	1
87	1	187	1	1	1	1	1
88	1	188	1	1	1	1	1
89	1	189	1	1	1	1	1
90	1	190	1	1	1	1	1
91	1	191	1	1	1	1	1
92	1	192	1	1	1	1	1
93	1	193	1	1	1	1	1
94	1	194	1	1	1	1	1
95	1	195	1	1	1	1	1
96	1	196	1	1	1	1	1
97	1	197	1	1	1	1	1
98	1	198	1	1	1	1	1
99	1	199	1	1	1	1	1
100	1	200	1	1	1	1	1

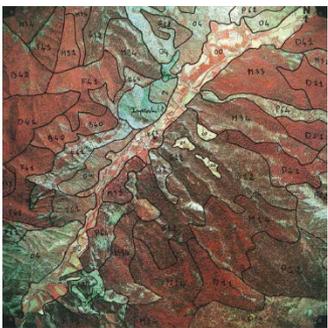


Photo-interprétation et stratification

19 000 points en moyenne par département



Levés terrain

1100 points de forêt de production en moyenne par département



Saisie Calculs Publication départementale



L'estimateur de la surface est donc non biaisé.
Il vient aussi, en appliquant une permutation circulaire :

$$\hat{S} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N-1} (OP_i \wedge OP_{i+1} + P_i M_i \wedge P_{i+1} P_{i+1} + P_i M_i \wedge P_{i+1} M_{i+1}) \quad (52)$$

Donc :

$$\hat{S} - S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N-1} (P_i M_i \wedge P_{i+1} P_{i+1} + P_i M_i \wedge P_{i+1} M_{i+1}) \quad (53)$$

Et :

$$Var(\hat{S}) = \frac{1}{4} E \left[\sum_{i=1}^{N-1} (P_i M_i \wedge P_{i+1} P_{i+1} + P_i M_i \wedge P_{i+1} M_{i+1}) \sum_{j=1}^{N-1} (P_j M_j \wedge P_{j+1} P_{j+1} + P_j M_j \wedge P_{j+1} M_{j+1}) \right] \quad (54)$$

Dans la double sommation, seuls les termes ne comportant que des carrés de variables aléatoires sont non nuls (à cause de l'indépendance des variables ou_i , soit :

$$Var(\hat{S}) = \frac{1}{4} E \left[\sum_{i=1}^{N-1} (P_i M_i \wedge P_{i+1} P_{i+1})^2 + \sum_{i=1}^{N-1} (P_i M_i \wedge P_{i+1} M_{i+1})^2 \right] \quad (55)$$

Donc :

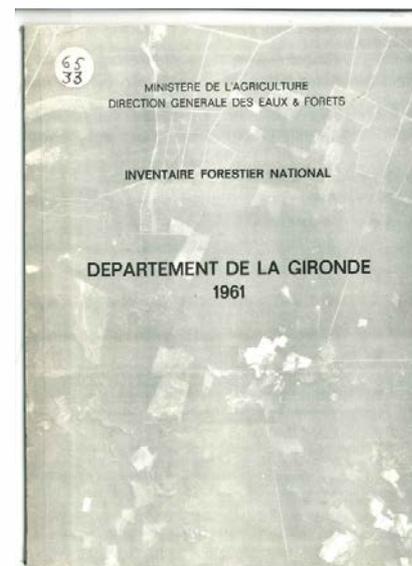
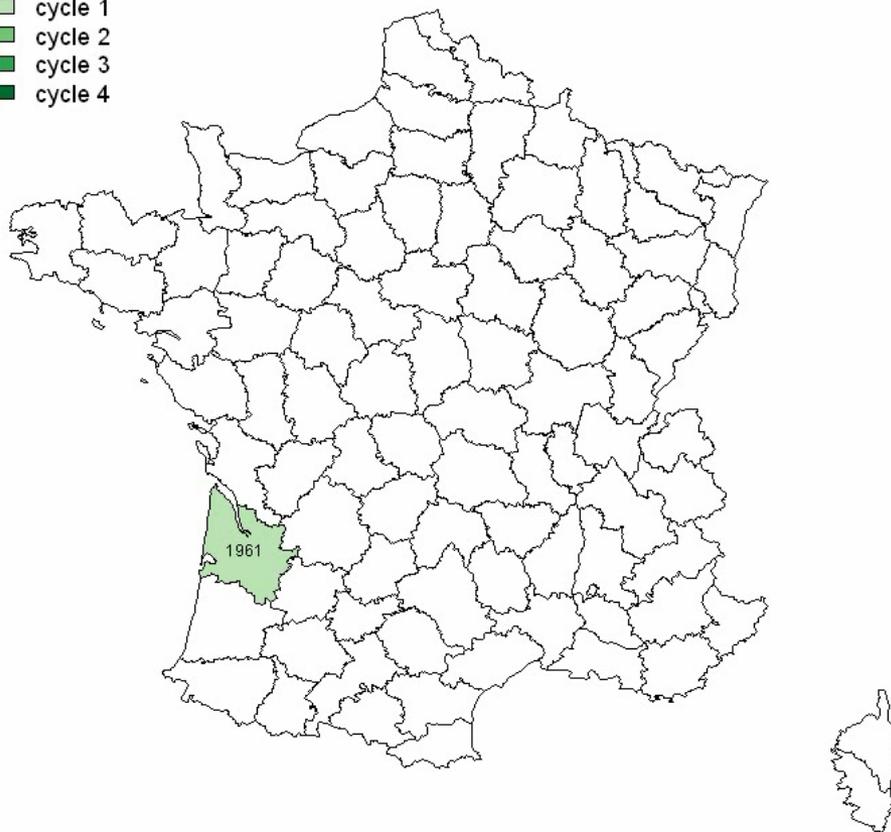
$$Var(\hat{S}) = \frac{1}{4} \left[\sum_{i=1}^{N-1} E(P_i M_i \wedge P_{i+1} P_{i+1})^2 + \sum_{i=1}^{N-1} E(P_i M_i \wedge P_{i+1} M_{i+1})^2 \right]$$



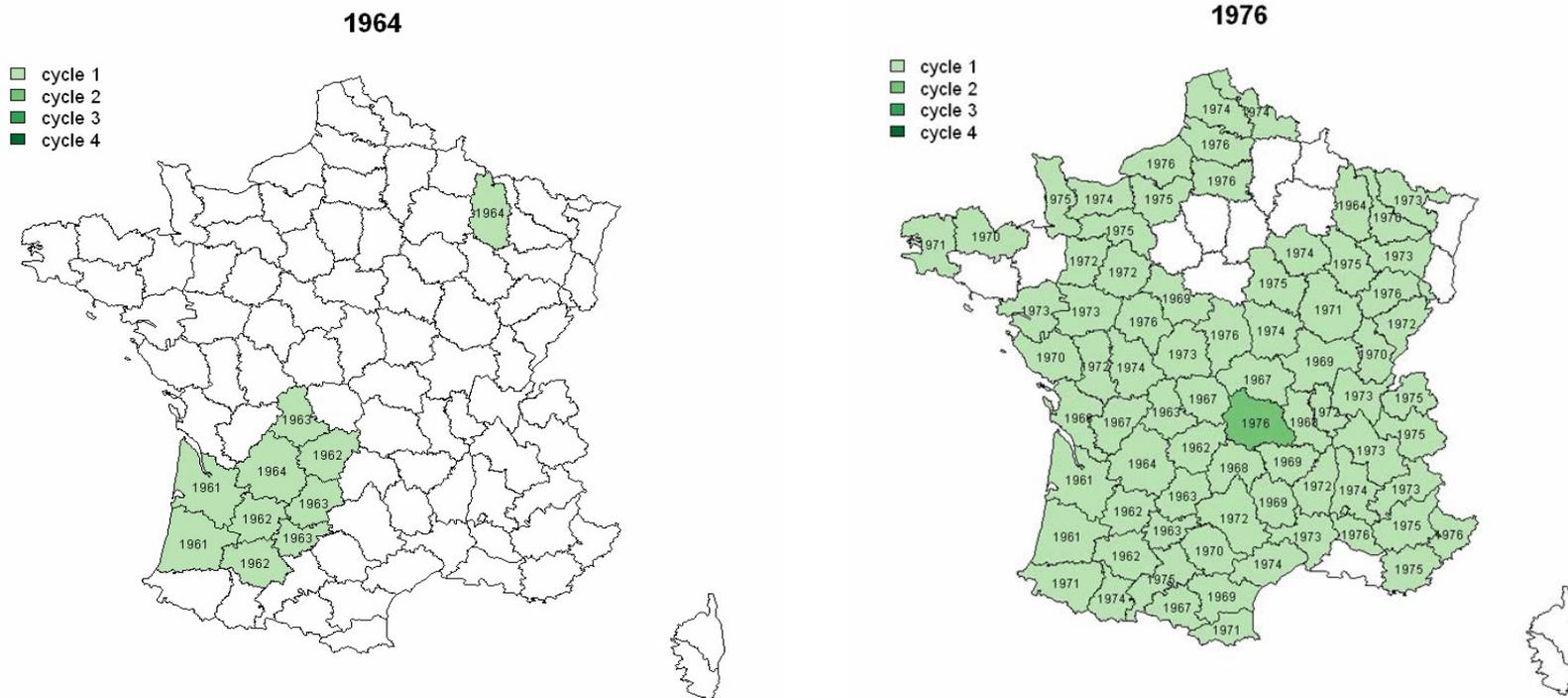
1960-2004 : Des inventaires départementaux

Premier inventaire

- cycle 1
- cycle 2
- cycle 3
- cycle 4

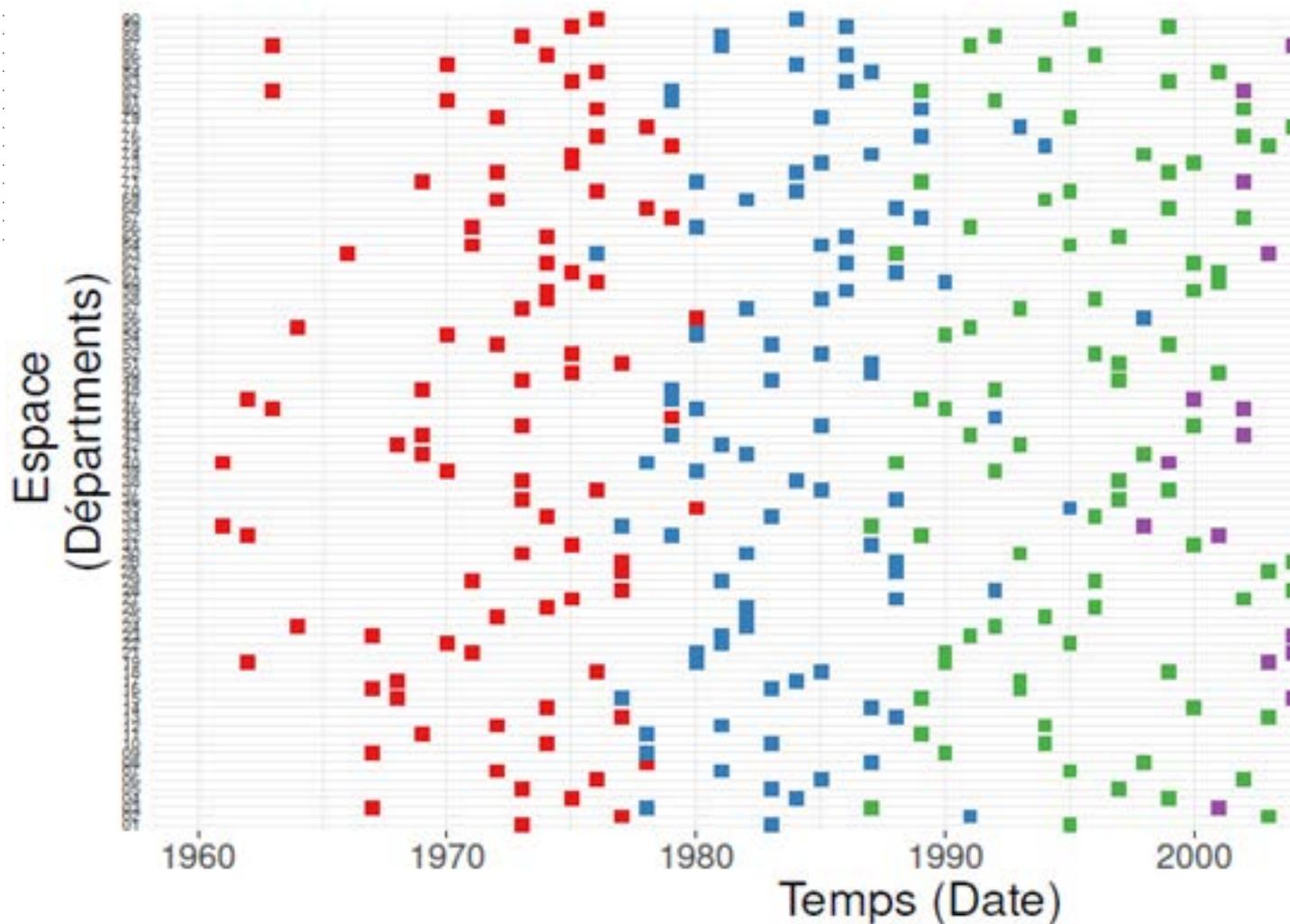


1960-2004 : Des inventaires départementaux



En 1980, l'ensemble des départements est couvert une première fois.

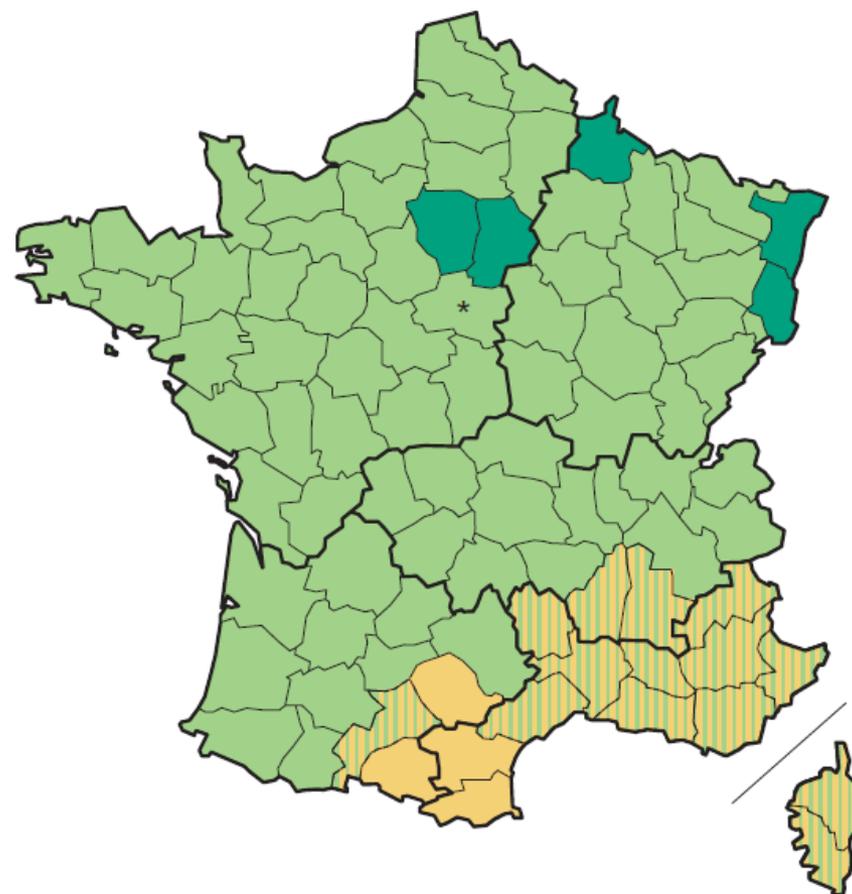
1960-2004 : Des inventaires départementaux



1960-2004 : Des inventaires départementaux

1994 : systématisation
des relevés écologiques,
floristiques et botaniques

- Relations stations-production



	selon la méthodologie mise en oeuvre	
	entre 1982 et 1993	après 1994
Départements ayant fait l'objet d'un relevé floristique	Orange	Light Green
Départements ayant fait l'objet de deux relevés floristiques	Orange with vertical stripes	Dark Green

Vers une « nouvelle » méthode

- **Les tempêtes de 1999**
 - Un dispositif peu adapté
 - Une évaluation longue et incomplète des dégâts
- **Les rapportages internationaux**
 - Plus nombreux
 - La nécessité de compiler une dizaine d'années de résultats

=> Mettre en place une méthode pour des résultats continus dans l'espace et dans le temps

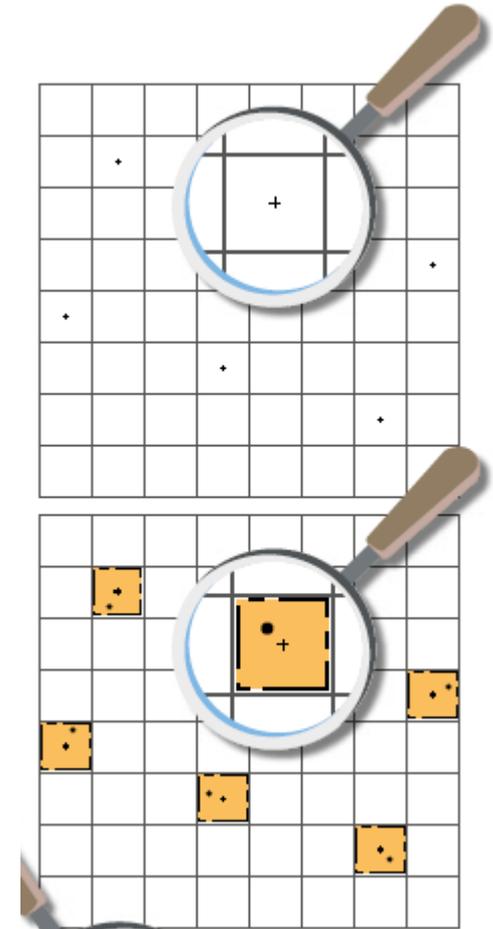


2

UN INVENTAIRE CONTINU
DANS L'ESPACE
ET LE TEMPS

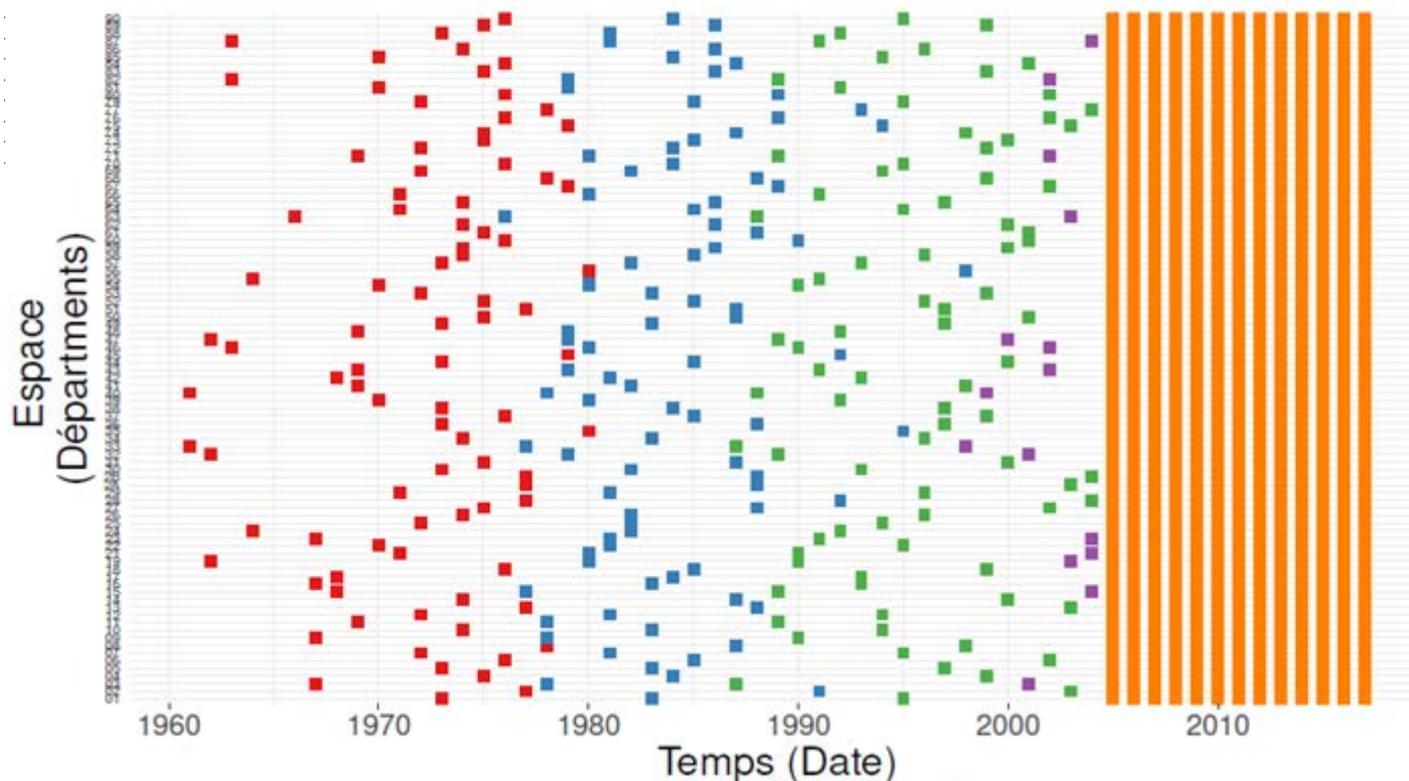
Une grille aux propriétés multiples

- Organisation régulière des années
- Mailles à 5 ans d'écart juxtaposées
- Optimisation de la distribution spatiale
- Un point tiré au hasard dans chaque maille



2005 : un échantillonnage continu dans l'espace et le temps

→ Inventaire en continu dans l'espace et le temps



Cycles d'inventaire

- Premier
- Deuxième
- Troisième
- Quatrième (incomplet)
- Inventaire en continu

La post-stratification et les résultats

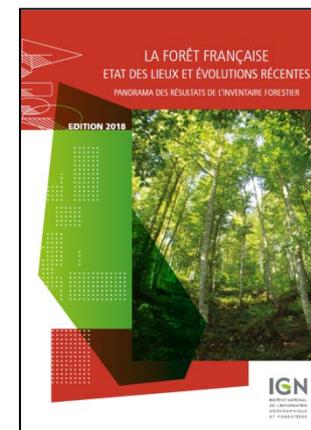
- **La post-stratification**

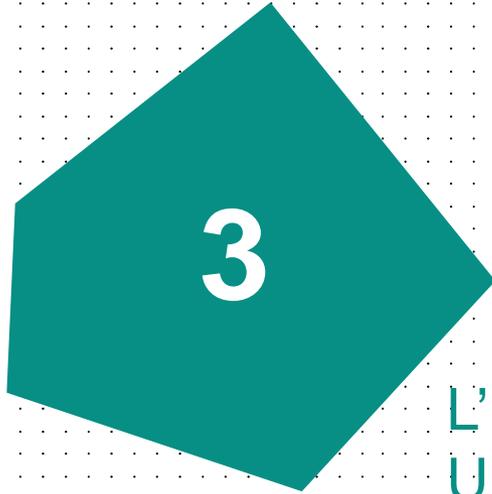
- Moins de contraintes sur le plan d'échantillonnage
- Un outil flexible et adaptable (utilisation de données auxiliaires)
- **Un gain de précision indispensable**

- **Les résultats**

- Statistiques produites par combinaison (moyenne simple) des 5 dernières années
- Statistiques annuelles (fenêtre glissante)
- Flux sur 5 ans (croissance, prélèvements, mortalité, etc.)
- Intervalle de confiance fourni systématiquement

The screenshot shows a web interface for selecting forest inventory data. It includes tabs for 'Tableaux standards', 'Nouvelle méthode', and 'Choix de tableaux'. Below these are sections for 'Méthode', 'Domaine géographique', and 'Domaine temporel'. A 'Choix de tableaux' section is expanded, showing a list of tables categorized by 'Superficie' and 'Volume de bois vivant en forêt de production'. The 'Volume de bois vivant en forêt de production' section is selected, and the 'Volume de bois vivant en forêt de production' table is chosen.





L'INVENTAIRE : UN REGARD QUI ÉVOLUE

Un dispositif solide et optimisé pour répondre à un nouveau contexte

- Biodiversité
- Suivi des écosystèmes forestiers
- Changements climatiques
 - Atténuation : fonction puits de carbone
 - Adaptation : évolution subie ou voulue
 - Evènements climatiques
- Matériaux renouvelables
 - Effet direct (évitement d'émissions fossiles)
 - Effet de substitution
- Autres attentes sociétales
 - Récréation
 - Aménités environnementales (paysage, eau, etc.)

Le suivi des écosystèmes forestiers

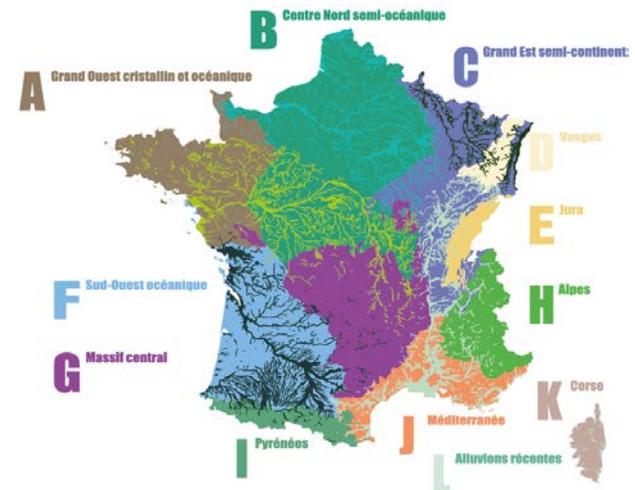
- Depuis 2008
 - bois mort sur pied de plus de 5 ans
 - bois mort au sol



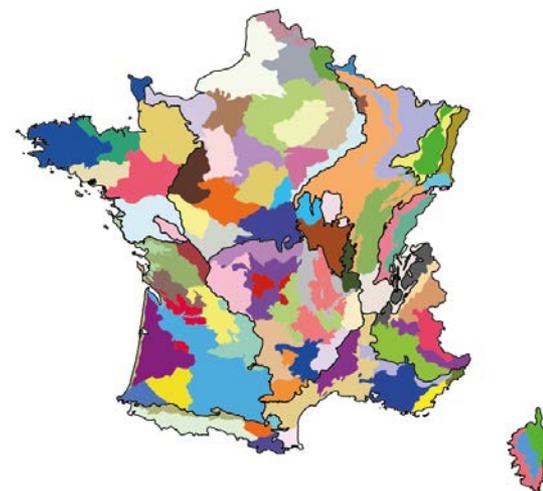
Le suivi des écosystèmes forestiers

- Depuis 2008
 - bois mort sur pied de plus de 5 ans
 - bois mort au sol
- Depuis 2011
 - nouveau découpage écoforestier

Les GRECO

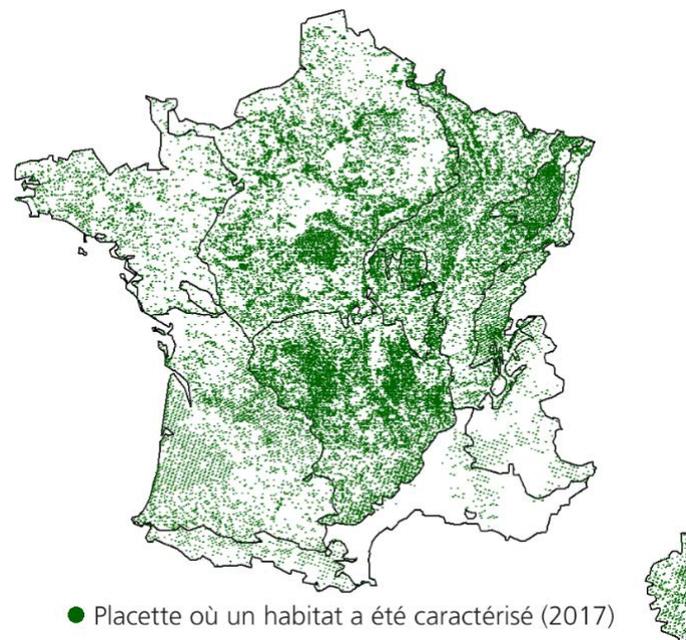


Les SER



Le suivi des écosystèmes forestiers

- Depuis 2008
 - bois mort sur pied de plus de 5 ans
 - bois mort au sol
- Depuis 2011
 - nouveau découpage écoforestier
 - suivi temporel des habitats forestiers



Le suivi de la santé des forêts

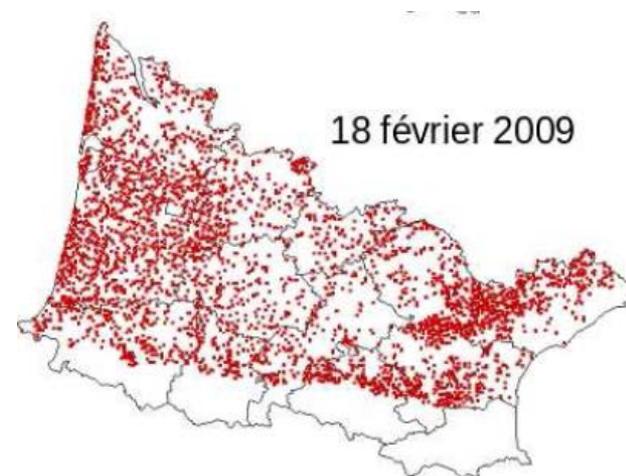
- Depuis 2007
 - Mortalité des branches
 - Présence de gui, de dorge
 - Gélivure
 - Présence de pourriture à cœur
- Depuis 2018
 - Pyrale du buis



Réactivité aux évènements climatiques

- **Tempête Klaus**
 - Revisite en 3 semaines des points des campagnes précédentes
 - Des résultats fiables 1 mois après l'évènement

⇒ **L'inventaire est bien permanent**



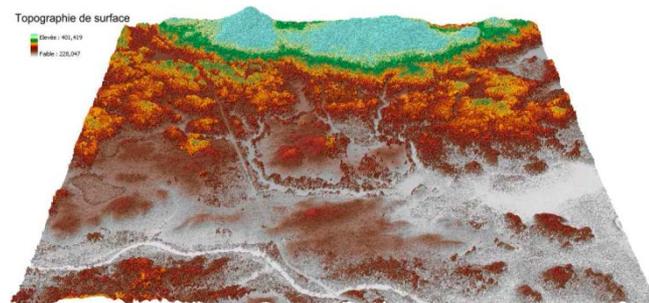
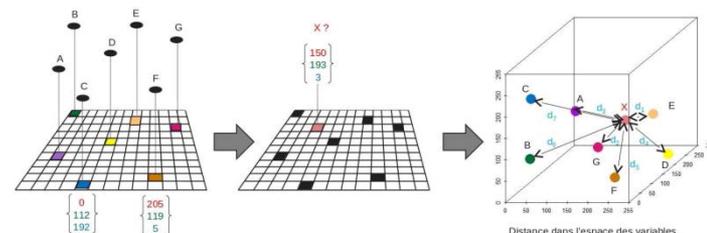
Une meilleure estimation des flux

- 2010 : les prélèvements
 - retour sur tous les points visités
5 ans auparavant où au moins un arbre avait été mesuré
- ⇒ Un bilan des flux (production, prélèvement, mortalité) dans une unité unique
- 2016 : mise en place de placettes semi-permanentes
 - Flux sur d'autres thématiques
 - Combinaison d'échantillons (R&D)



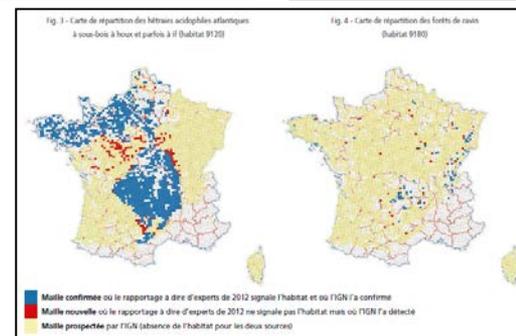
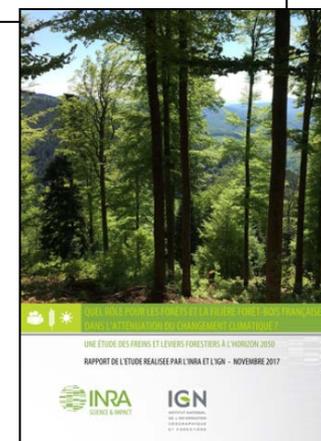
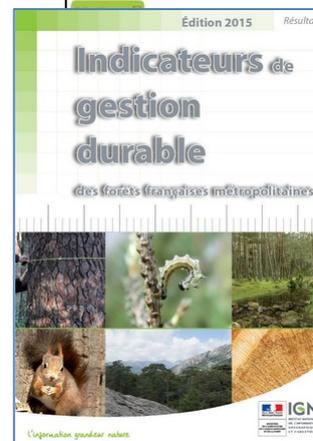
La recherche au service de l'inventaire

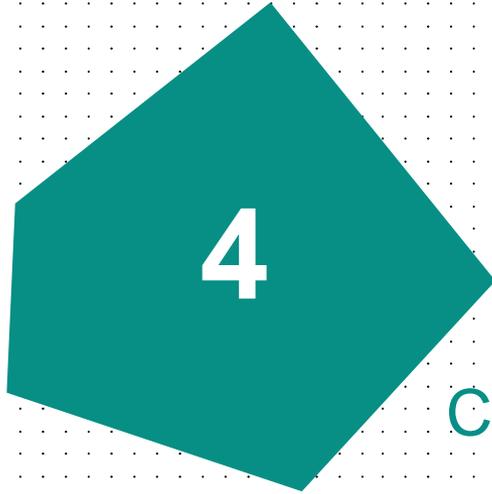
- Recherche et développement, ingénierie statistique, modélisation
- Utilisation d'informations auxiliaires
 - BD Forêt v2
 - Photographies aériennes =>MNS
 - LiDAR aérien, terrestre
- Enrichissement des sorties
 - Principe : nouvelle donnée à coût marginal



Un inventaire à l'écoute des besoins

- Une prise de données de plus en plus analytique
- Une chaîne de traitement performante et flexible
- Des pôles d'expertise et d'étude proches des utilisateurs





CONCLUSIONS

Aujourd'hui, l'inventaire forestier national :

- est une **enquête** sur un objet, la forêt, au centre des enjeux du développement durable
 - est le seul inventaire **continu dans l'espace et dans le temps** basé sur des **placettes semi-permanentes**
 - est **labellisé** d'intérêt général et de qualité statistique par le conseil national de l'information statistique (CNIS)
 - dispose de **séries longues de données**
 - peut intégrer de nouvelles informations **à un coût marginal**
 - voit de nouvelles perspectives grâce à la recherche
 - s'intègre dans un dispositif européen plus large
- ⇒ un outil d'observation et de suivi des écosystèmes forestiers pour répondre aux multiples besoins de ses utilisateurs

