

Intégrer les changements climatiques dans la gestion forestière

- Rappel sur le climat et les changements climatiques
 - Changements climatiques et aménagement
 - Changements climatiques et écosystème
 - Changements climatiques et espèces
 - Changements climatiques et diversité génétique
- Prise en compte des changements climatiques dans les documents de gestion durable

Action du gestionnaire

- Création de cloisonnements d'exploitation
- Problème du maintien et de l'entretien (500 m/ha)

Action du 'groupe de progrès'

Groupe de Progrès:

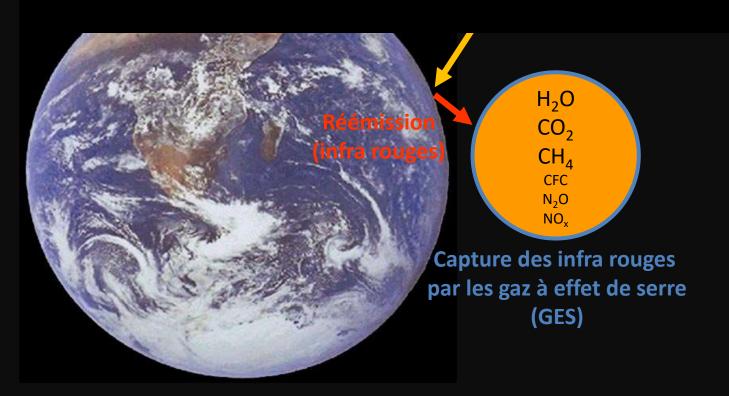
Formation en aménagement forestier



Effet de serre: mécanisme

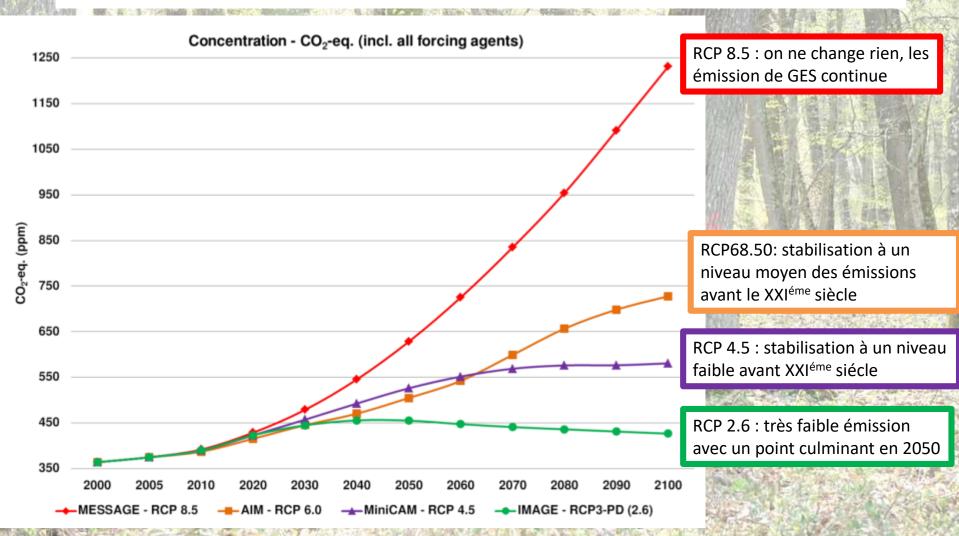
Svante ARRHENIUS (1895) établi relation entre [CO₂] et température

- $-T_{\text{moyenne}} = 15^{\circ}C$
- T_{moyenne} sans effet de serre = -18°C



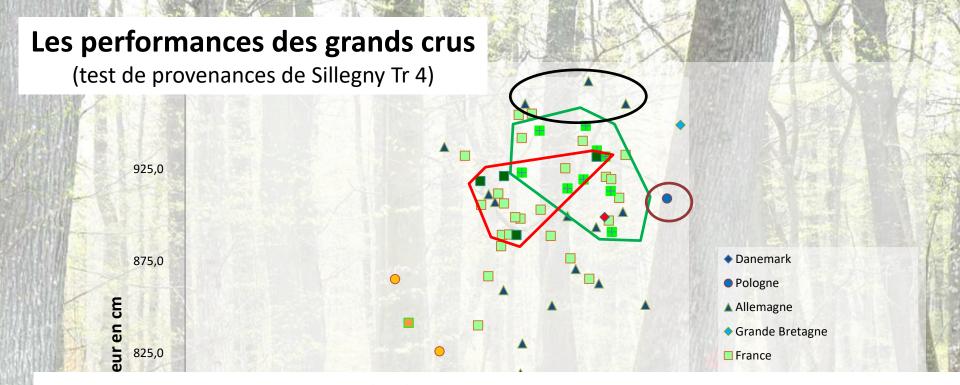
Concentration des gaz à effet de serre

Les « Representative Concentration Pathway »



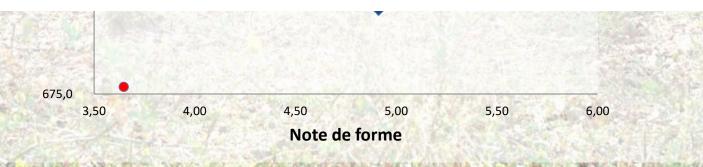
Moyenne annuelle Scénarios d'émissions Référence (1976-2005) Horizon lointain (2071-2100) Horizon proche (2021-2050) Horizon moyen (2041-2070) Scénario RCP2.6 Scénario RCP4.5 Scénario RCP8.5





Le forestier est un bon généticien:

⇒Inclure dans ce processus de sélection des caractères d'adaptation aux CC



Le sylviculteur face à des changements globaux

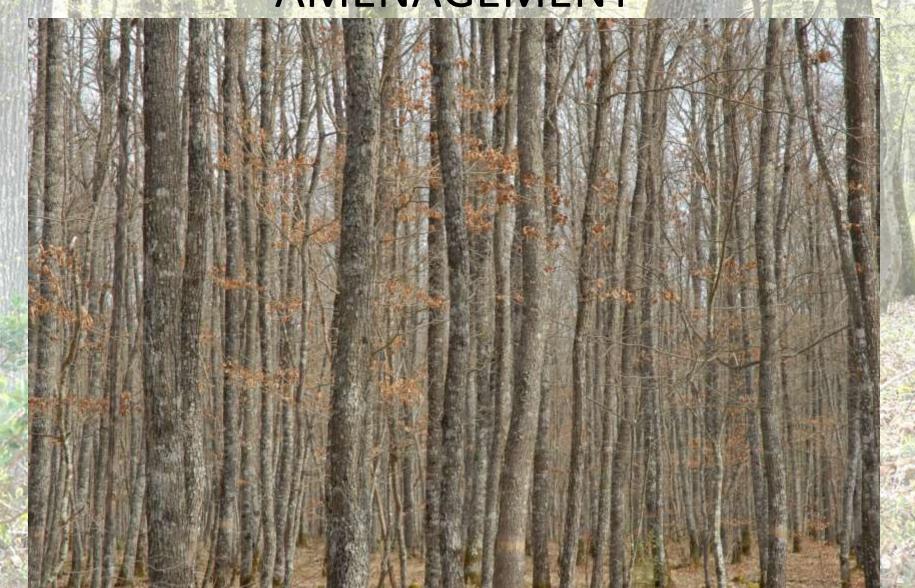
- augmentation des accidents et adversités diverses (tempêtes, dépérissements, pathologie,...)
- évolution de la station (température et pluviométrie)
- problème des sols
- stabilité des peuplements
- gestion de la ressources en eau des sols
- gestion de la biodiversité
- gestion des essences
- gestion des ressources génétiques
- + évolution rapide et drastique des marchés du bois, de la demande sociale,...



- Rappel sur le climat et les changements climatiques
- Changements climatiques et aménagement
 - Changements climatiques et écosystème
 - Changements climatiques et espèces
 - Changements climatiques et diversité génétique
- Prise en compte des changements climatiques dans les documents de gestion durable



CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET AMENAGEMENT



Accidents climatiques
Problèmes de dépérissement
Réduction de la surface terrière

=> Nécessité de contrôle régulier des peuplements

⇒Débardage plus fréquents

⇒ Préservation des sols

- Création de cloisonnements d'exploitation
- Problème du maintien et de l'entretien (500 m/ha)



Cloisonnements



Groupe de Progrès : Formation en aménagement forestier

Accidents climatiques
Problèmes de dépérissement
Réduction de la surface terrière

=> Besoin de stockage

Aires de stockage



Création d'aire de stockage accessible aux poids lourds par tous les temps

Groupe de Progrès : Formation en aménagement forestier

Augmentation du risque d'incendie

Extension du risque à des zones indemnes

- Voierie facilement accessible aux pompiers (élagage à 3,5 m, largeur des pistes, qualité des pistes, ...)
- Réservoir d'eau : mares, étangs,...
- Travail de coordination avec les pompiers dans les nouvelles zones à risques

Risque incendie



Nombre de jours avec indice de feu météorologique supérieur à 40 (Scénario à émissions fortes)

Référence 1989 - 2008 Horizon proche 2031 - 2050

Horizon moyen 2051 - 2070

Horizon lointain 2081-2100

À l'hartzen tefntale, le nombre de jours secults en lie-die France correspond à la valeur actuelle

Evolution du nombre de jours

sensibles pour les feux de forêt

(Scénario à émissions fortes)

Pour le Gard, ce nombre dépasse la valeur actuel des Rouches-du-Rhône idépartement in plus impacté par des conditions séches et ventiles





Groupe de Progrès: Formation en aménagement forestier

Aider la biodiversité:

- pollinisateurs
- disséminateur de graines
- régulateurs des consommateurs
- de graines, plantules, plants...
 - régulateurs des défoliateurs

- Préserver et restaurer les milieux périforestiers existants
- Entretenir ces milieux
- Création de mares, clairières, lisières étagées,...

Milieux périforestiers

CETEF:

Formation en aménagement forestier Formation sur les milieux périforestiers









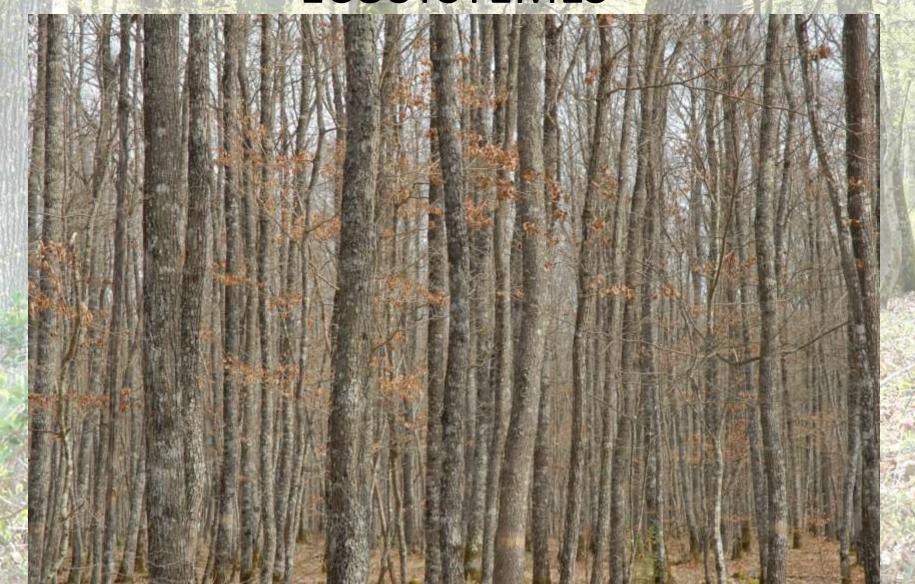




- Rappel sur le climat et les changements climatiques
- **Changements climatiques et aménagement**
- Changements climatiques et écosystème
 - Changements climatiques et espèces
- Changements climatiques et diversité génétique
- Prise en compte des changements climatiques dans les documents de gestion durable



CHANGEMENS CLIMATIQUES ET ECOSYSTEMES

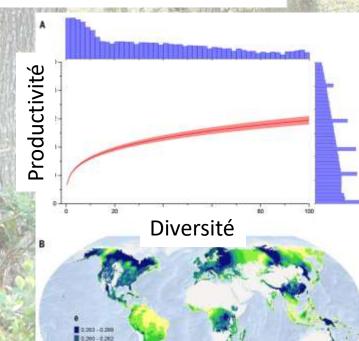


Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests

FOREST ECOLOGY

Jingjing Liang,* Thomas W. Crowther, Nicolas Ficard, Susan Wiser, Mo Zhou Xiangitong Lei, Mart-Jan Schellman, Huicui Lu, Dumiano Gianelle, Elena L Parfenero Jordi Vayreda, Famiaki Kitahara, Erir B. Searle, Victor J. Neldner, Michael R. Ngugi, Toması Zavilla Niedfsclocki, Olivier Bourland, Filippo Bussotti, Lerna Finêr, Bogdan Jarosarwicz, Tomman Jocker, Fernando Valladares, Androd M. Jagodrimki, Pablo L. Peri, Christelle Gommade, William Marthy, Timothy O'Rrien, Emanuel H. Martin, Andrew R. Marshall, Franceses Rosses, Robert Bitartho Pascal A. Niklasse, Patricia Alvaren-Louyus, Nurdin Chamuya, Resulte Valencia Frédéric Mortier, Verginia Worts. Nestor L. Engene-Obiang, Leandro V. Ferreira, David E. Odeke, Redolfo M. Vanquer, Simon L. Lewis, Peter R. Reich

Giorgio Alberti, Erusi-Detlef Schulze, A. David McGuire, Fabio Bozzato, Hane Pretzech, Sergie de Mignel, Alain Paquette, Bruno Hiruntt, Michael Scherer-Lorenzen. Christopher E. Barrett, Honry E. Glick, Georben M. Hengroold, Gort-Jan Naboury Schotlan Plintsch, Helder Viana, Abrumder C. Vibrans, Octoban Anmet, Peter Schall, David Verbyla, Nadja Tehrbahova, Markos Fischer, James V. Watson, Han Y. H. Chen, Christian Salas, Eusgul Lee, Bokman Lee, Hyun Seok Klm, Helge Bruetheide, David A. Coomes, Daniel Piotto, Torry Sunderhand, Bernhard Schmid, Sylvie Gourlet Elessy, Bonaventure Sonké, Rebevca Tavani, Jun Zho, Susume Brandt Christopher Haraloto, Lorenzo Friguera, Radomir Bahary, Jacob Oleksyn,



Les avantages d'un écosystème diversifié

LETTER Tree diversity reduces herbivory by forest insects production but little it known about effects on haderons. We conducted a manmodysis of a woodshelds data set of 119 studies to compain landstrop in single-species Server & Communities. and regard fromm. This decreed a significant reduction of harbovery in most stress alteretory of female freen his the raind with the host specificity of amoun. In direct freeza, bedoner by Extremitings and Bindiswelly, 16 silgraphageon species was vistaally always reduced, whoseas the anaposes of polyphageon Muste of Associates, 198112 Center perior was registry. Frether audines revealed that the composition of one selection our be seen apportune than opening reclaims part or because diversity effects on backween "Srunt", At thei 20030 water garages when extend fermon comprised successorially more direct two species, well Directions 200 New Joseph where the proportion of mon-bent ware was genere that that of how town. These findings Vocamenton freeli make new neggoes that the only of bindirensity in econymum functioning across negli-

La diversité des arbres limitent les attaques d'herbivores. Jactel et al., 2007

Groupe de Progrès:

Formation en écologie forestière générale

La diversité des arbres augmentent la productivité des forêts. Liang et al., 2016

0.252 - 0.256 0.246 - 0.251

Vers des peuplements mélangés

 Peuplements diversifiés: résilience, meilleure croissance, assurance en cas d'accident sur une espèce





Eclaircie:

_Consigne de martelage (formation des marteleurs)

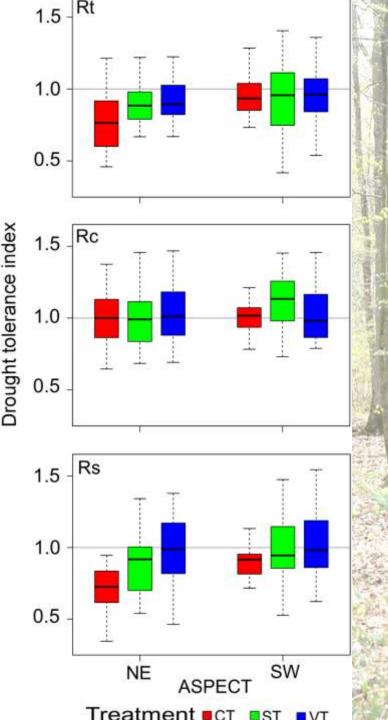
CETEF:

Formation sur les éclaircies Formation sur la régénération

Régénération:

-Plantation : plantation mélangée + bourrage (plus facile à dire qu'à faire)

-Naturelle : nettoiement avec le maintien d'espèces diversifiées (formation des sylviculteurs et des ouvriers)



Impact de la sécheresse de 2003 sur le hêtre:

- * Indices de tolérance à la sécheresse :
- Rt : résistance (réduction de la croissance)
- Rc : récupération (vitesse récupération après le stress)
- Rs : résilience (capacité à amortir le stress)

* Traitements

- CT : témoin (24,5 m²/ha)
- ST : forte éclaircie (15 m²/ha)
- VT: très forte éclaircie (10 m²/ha)
- NE: station humide
- SW: station sèche

* Dispositif:

Daniela Diacoun¹ · Hans-Peter Kahle¹ · Heinrich Spiecker³

- 3 blocs par station
- parcelle unitaire : 0,7 ha

Diaconu et al., 2017

Thinning increases drought tolerance of European beech: a case study on two forested slopes on opposite sides of a valley

Une sylviculture dynamique

Stabilité des peuplements (H/d) Economie en eau

14 m²/ha

18 m²/ha

25 m²/ha

Pas d'éclaircie

Optimum:

- -Prélèvement à 18 m²
- -Prélèvement de 4 m²

Eclaircie urgente:

- -Prélèvement de 5 à 7 m²
- -3 passages
- -5 ans entre les passages

Eclaircie très urgente:
-Prélèvement de 5 à 7 m²
-5 ans entre les passages

Surface terrière des peuplements de chêne sessile



- Adapter cette sylviculture à sa situation (essences, stations, etc ...)
- Inscrire cette sylviculture dans son PSG
- La mettre en place progessivement

Groupe de Progrès :

Formation en sylviculture adaptative



- Rappel sur le climat et les changements climatiques
 - Changements climatiques et aménagement
 - Changements climatiques et écosystème
 - Changements climatiques et espèces
- Changements climatiques et diversité génétique
- Prise en compte des changements climatiques dans les documents de gestion durable



CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET ESPECES



Choix des essences: autoécologie et dynamique forestière

Chêne pédonculé:

-Espèce la plus commune

Chêne sessile:

- -Essence d'avenir
- -Sol neutre à acide

Erreur de station

=

Première cause échec des régénérations

=> Redoubler de prudence dans le choix des essences

plateaux et collines, position transitoire

Espèce à risques mais pas partout

Espèce d'avenir avec des risques

Groupe de Progrès :

Formation en auto et synécologie

La quête de l'essence miracle



Tu cherches

il cherche

Nous cherchons

Vous cherchez

Ils cherchent

Ils n'ont rien trouvé

Un exemple d'es

Chêne rouge:

- -Forte productivité
- -Bois de qualité
- Invasion biologique
- Niche écologique étroite
- Problèmes pathologiques: encre, collybia
- Sylviculture délicate

- 8.800.000 plants en 1998
- 400.000 ha plantés avec le FFN
- 32.000 ha selon l'IGN

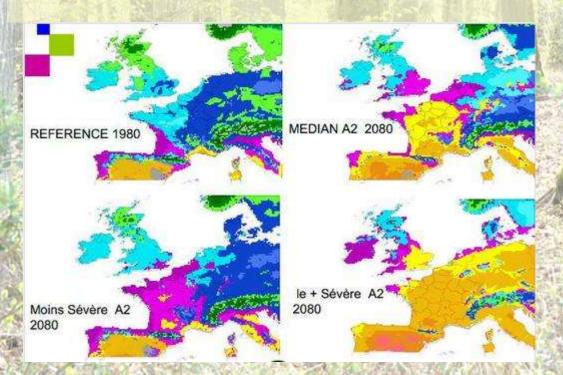


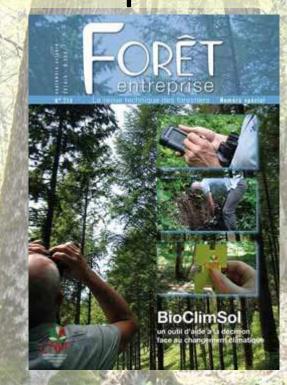
IL N'EXISTE PAS D'ESPECE MIRACLE

L'INTRODUCTION DE NOUVELLES ESSENCES EST DU DOMAINE DE LA RECHERCHE

Choix des essences face aux changements climatiques

- Des outils arrivent:
 - BioClimSol (forêt privée)
 - Climessence (forêt publique)





RUM	année	Modèles	Erable	Hêtre	Erable	Chêne vert	Pin sylvestre	Chêne	Chêne sessile
mm			sycomore		champêtre			pédonculé	
50	2012	référence	100	100	100	66	100	100	100
50	2030	ALD1	38	89	100	99	100	100	100
50	2080	ALD1	1	16	100	100	92	96	99
50		ALD2	8	56	100	100	98	99	100
50	2080	ALD2	0	6	100	100	79	89	96
50	2030	ALD3	83	98	100	99	100	100	100
50	2080	ALD3	1	16	100	100	92	96	99
50	2030	LMD1	100	100	100	100	100	100	100
50	2080	LMD1	54	100	65	100	100	100	100
50	2030	LMD2	100	100	100	100	100	100	100
50	2080	LMD2	99	100	100	100	100	100	100
-									
100	2012	référence	100	100	100	66	100	100	100
100	2030	ALD1	74	97	100	99	100	100	100
100	2080	ALD1	5	45	100	100	98	99	100
100	2030	ALD2	28	85	100	100	100	100	100
100	2080	ALD2	2	20	100	100	94	97	99
100	2030	ALD3	96	100	100	99	100	100	100
100	2080	ALD3	5	44	100	100	98	99	100
100	2030	LMD1	100	100	100	100	100	100	100
100	2080	LMD1	54	100	65	100	100	100	100
100	2030	LMD2	100	100	100	100	100	100	100
100	2080	LMD2	99	100	100	100	100	100	100
-									
150	2012	référence	100	100	100	66	100	100	100
150	2030	ALD1	93	99	100	99	100	100	100
150	2080	ALD1	18	76	100	100	99	100	100
150	2030	ALD2	64	96	100	100	100	100	100
150	2080	ALD2	6	50	100	100	98	99	100
150	2030	ALD3	99	100	100	99	100	100	100
150	2080	ALD3	18	76	100	100	99	100	100
150		LMD1	100	100	100	100	100	100	100
150		LMD1	54	100	65	100	100	100	100
150	2030	LMD2	100	100	100	100	100	100	100
150	2080	LMD2	99	100	100	100	100	100	100
-									
200		référence	100	100	100	66	100	100	100
200		ALD1	98	100	100	99	100	100	100
200		ALD1	39	90	100	100	100	100	100
200		ALD2	88	99	100	100	100	100	100
200		ALD2	18	77	100	100	99	100	100
200		ALD3	100	100	100	99	100	100	100
200		ALD3	39	90	100	100	100	100	100
200		LMD1	100	100	100	100	100	100	100
200		LMD1	54	100	65	100	100	100	100
200		LMD2	100	100	100	100	100	100	100
200	2080	LMD2	99	100	100	100	100	100	100

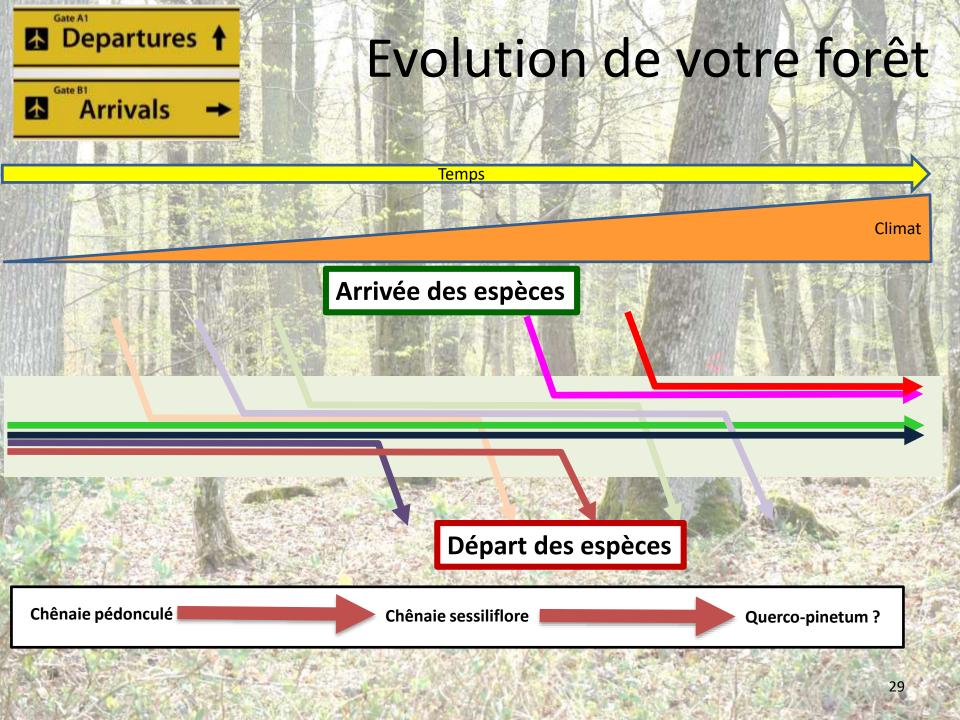
Choix des essences au bois de la Belle Epine: méthode IKS (Climessence)

Probabilité de survie de différentes essences, selon 4 réserves utiles (RUM : 50, 100, 150 et 200 mm) trois dates et 5 scenarii au Bois de la Belle Epine

- Tester toutes les essences avec les outils disponibles
- Intégrer ces résultats à son PSG



- Stratégie avec les espèces à risques pour une station comme le châtaignier, le hêtre et le chêne pédonculé
 - Règle n°1: ne pas sur-réagir par une éradication
 - Se poser les bonnes questions lors de la régénération et des martelages pour favoriser par exemple le chêne sessile par rapport au hêtre ou au chêne pédonculé
 - Sylviculture dynamique pour le hêtre et le chêne pédonculé





La forêt du futur arrivera toute seul : bien heu, bôf! Un climat qui évolue très vite et des espèces bien lentes

Recolonisation postglaciaire

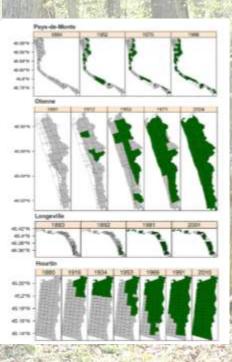
	Vitesse de migration postglaciaire (m/an)				
Espèces	lles britanniques	Europe de l'Ouest			
Bouleaux	250	2000			
Noisetier	500	1500			
Ormes	550	500-1000			
Chênes	350-500	150-500			
Pins	100-700	1500			
Aulnes	500-600	500-2000			
Tilleul	450-500	300-500			
Frêne	50-200	200-500			
Hêtre	100-200	200-300			

Huntley & Birk (1983) et Birks (1989)

Migration contemporaine

Forêt	Vitesse max		
Hourtin	56,7 m/an		
Longeville	36,3 m/an		
Oloron	28,9 m/an		
Pays de Monts	21,8 m/an		

Delzon et al., 2013





le déplacement par l'homme d'espèces ou de ressources génétiques vers des endroits où les conditions climatiques futures seraient plus favorables

Espèces	Thermophilie
Quercus afares	
Quercus alnifolia	
Quercus aucheri	18
Quercus brantii	
Quercus canariensis	¥
Quercus cerris	
Quercus coccifera	
Quercus congesta	
Quercus dalechampii	
Quercus faginea	
Quercus frainetto	M
Quercus hartwissiana	
Quercus ilex	
Quercus infectoria	M
Quercus ithaburensis	
Quercus libani	
Quercus lusitanica	
Quercus macranthera	
Quercus petraea	
Quercus pontica	ia de la composición
Quercus pubescens	N.
Quercus pyrenaica	1
Quercus robur	G. Company
Quercus rotundifolia	
Quercus sicula	
Quercus suber	
Quercus trojana	
Quercus vulcanica	

Exemples de nouvelles espèces potentielles: Les chênes européens

⇒ 28 espèces (?)

⇒ 26 espèces thermophiles

espèces thermophiles

Espèces non-thermophiles

Exemple de chêne thermophile : Quercus vulcanica





Exemple de chêne thermophile: Quercus frainetto

Grèce, environ de Thessaloniki 250 m altitude 500 mm/an

Peuplement de *Quercus frainetto* et *Fagus orientalis* Balivage vers 60 ans

CETEF:

Formation essence – station dans un climat changeant Formation en autoécologie et synécologie Formation en botanique

Formation sur le fonctionnement des écosystèmes



- Rappel sur le climat et les changements climatiques
 - Changements climatiques et aménagement
 - Changements climatiques et écosystème
 - Changements climatiques et espèces
- Changements climatiques et diversité génétique
 - Structuration de la diversité génétique
 - Evolution de la diversité génétique

Prise en compte des changements climatiques dans les documents de gestion durable



CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET DIVERSITE GENETIQUE



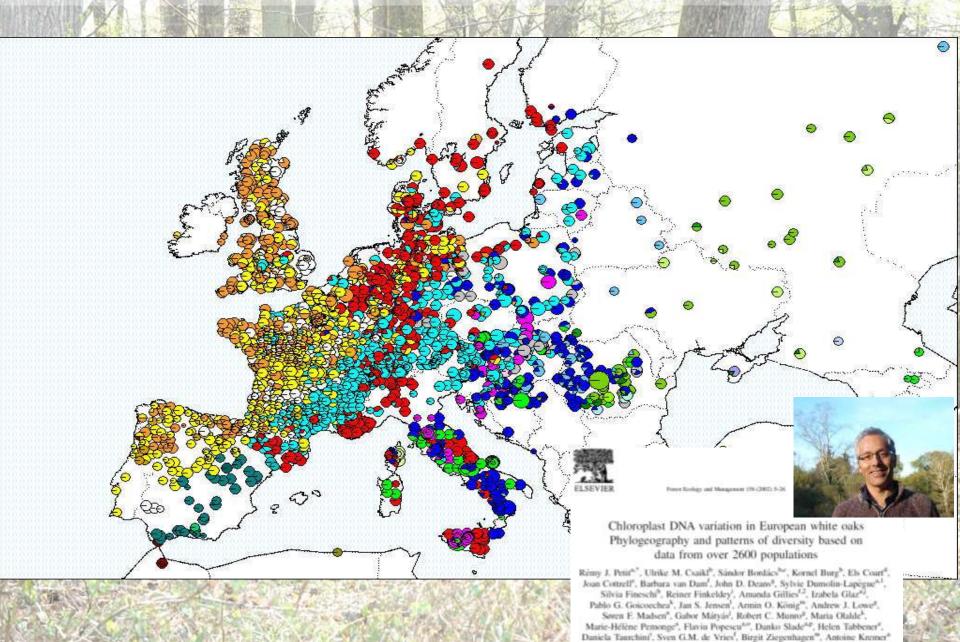


STRUCTURATION DE LA DIVERSITE GENETIQUE

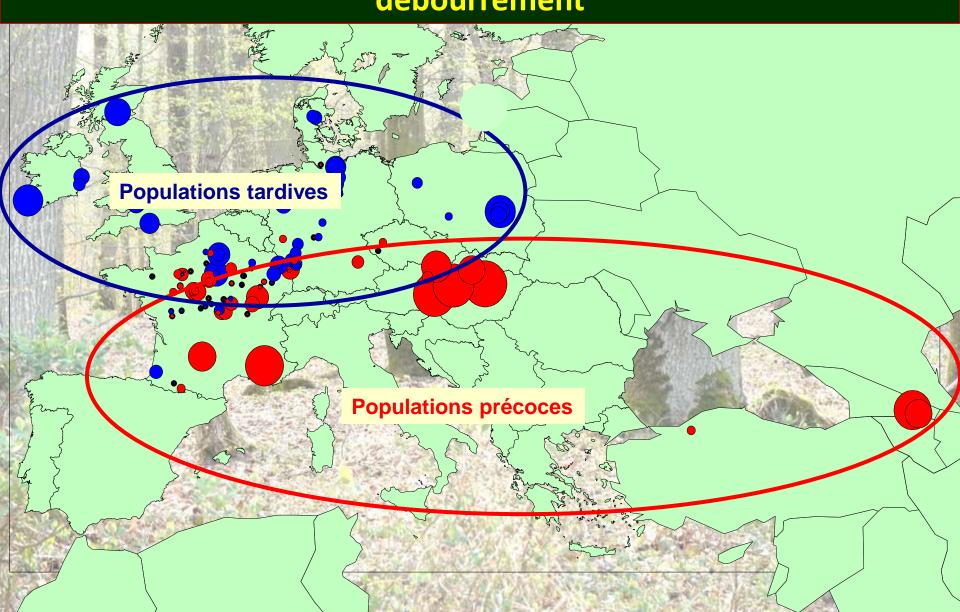


Structuration géographique de la diversité génétique du chêne sessile

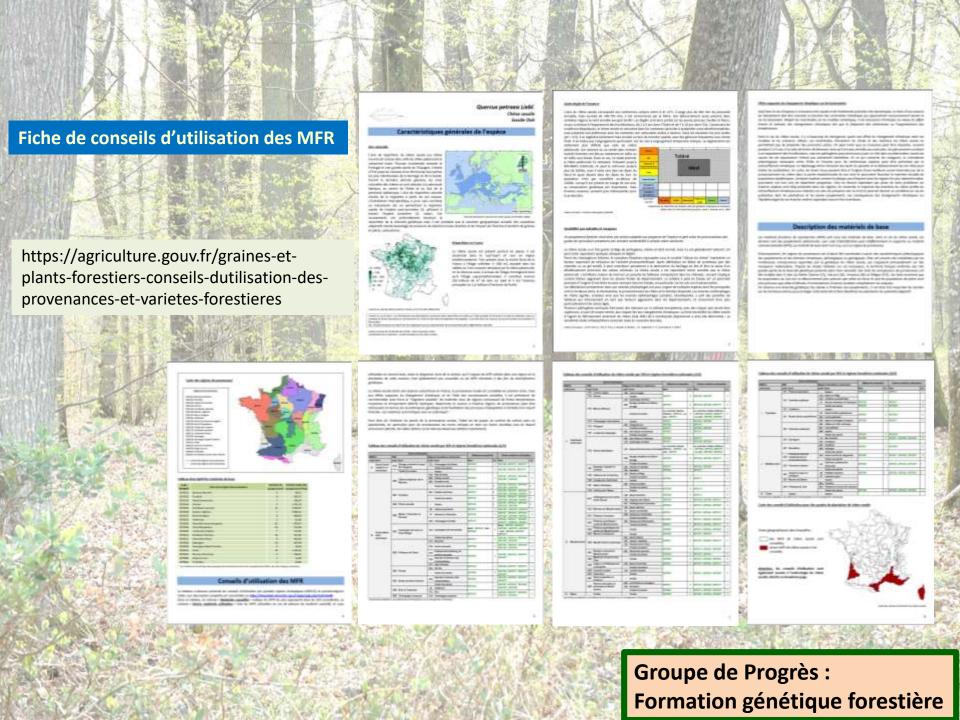
Fréquence des différents cytotypes (ADNcp) dans les différentes chênaies européennes (Petit et al., 2002)



Carte de répartition de la variabilité génétique pour le débourrement







Carte des régions de provenance

Régions de provenance

QPE101 Bordure Manche

QPE102 Picardie

QPE103 Massif armoricain

OPE104 Perche

QPE105 Sud Bassin parisien

QPE106 Secteur ligérien

QPE107 Berry-Sologne

QPE201 Ardennes

QPE203 Nord-Est limons et argiles

QPE204 Nord-Est gréseux

QPE205 Vallée de la Saône

QPE212 Est Bassin parisien

QPE311 Charente-Poitou

QPE362 Gascogne

QPE403 Rouergue-Massif Central

QPE411 Allier

QPE422 Morvan-Nivernais

QPE500 Alpes et Jura

QPE601 Pyrénées

QPEZN1 et QPEZN2 Zones sans récolte

Limite des régions de provenance

Limite des régions administratives





DPEZN:

Gestion des ressources génétiques

Conseil d'utilisation des MFR:

http://agriculture.gouv.fr/graines-et-plants-forestiers-conseils-dutilisation-des-provenances-et-varietes-forestieres

Zones d'utilisation		Matériels conseillés		Autres matériels utilisables			
Région de provenance							
code	nom	Nom	Cat.	Nom	Cat.		
QPE101	Bordure Manche	QPE101	S	QPE102, QPE103*, QPE104*, QPE105*, QPE106*	s		
QPE102	Picardie	QPE102	s	QPE101, QPE103*, QPE104*, QPE105*, QPE106*	S		
QPE103	Massif armoricain	QPE103	S	QPE104, QPE106, QPE311*	S		
QPE104	Perche	QPE104	s	QPE106, QPE107*, QPE311*	S		

^{*} Provenances adaptée à une démarche d'anticipation sur le changement climatique

Groupe de Progrès : Formation génétique forestière

Carte des régions de provenance

Régions de provenance

QPE101 Bordure Manche

QPE102 Picardie

QPE103 Massif armoricain

QPE104 Perche

QPE105 Sud Bassin parisien

QPE106 Secteur ligérien

QPE107 Berry-Sologne

QPE201 Ardennes

QPE203 Nord-Est limons et argiles QPE204 Nord-Est gréseux

QPE205 Vallée de la Saône

QPE212 Est Bassin parisien

QPE311 Charente-Poitou

QPE362 Gascogne

QPE403 Rouergue-Massif Central

QPE411 Allier

QPE422 Morvan-Nivernais

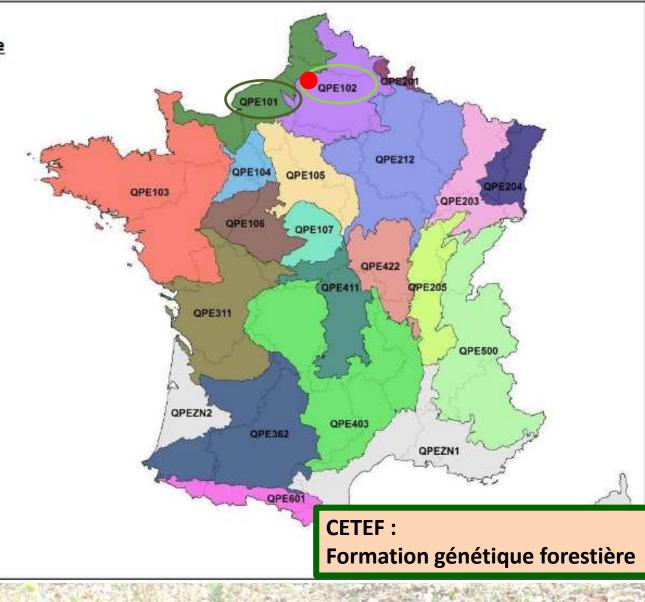
QPE500 Alpes et Jura

QPE601 Pyrénées

QPEZN1 et QPEZN2 Zones sans récolte

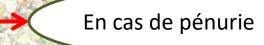
- Limite des régions de provenance

Limite des régions administratives



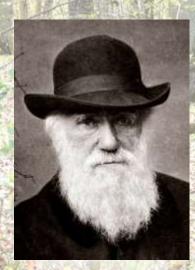
Région de la plantation

Matériel conseillé Autre matériel utilisable :



EVOLUTION DE LA DIVERSITE GENETIQUE

Le Darwinisme ou la génétique évolutive



Charles Darwin 1809-1882

THE ORIGIN OF SPECIES

MEANS OF NATURAL SELECTION,

10,10

PREMERVATION OF PAYOCIKED BACKS IN THE STRUGGLE FOR LIFE.

T.

CHARLES DARWIN, M.A.,

THE OF THE LOTAL PROPERTY, MARKET, NY, DESCRIPTING AND A STREET, WITH SHEET AND A STREET, AND ASSESSMENT ASSESSMENT AND ASSESSMENT ASSESSMENT AND ASSESSMENT ASSE

savage process.

NEW YORK:

D. APPLETON AND COMPANY, see & see BROADWAY.

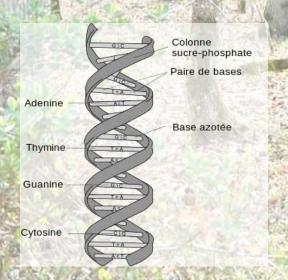
account,

Définition de la diversité et de la variabilité génétique

La diversité génétique désigne la variété des gènes au sein d'une même espèce.

La variabilité génétique mesure la variation des caractéristiques génétiques quantitatives d'un individu, d'une population, d'une métapopulation, d'une espèce ou d'un groupe d'espèces.

C'est un des aspects majeurs de la biodiversité, sur la planète, comme au sein des écosystèmes et des populations.





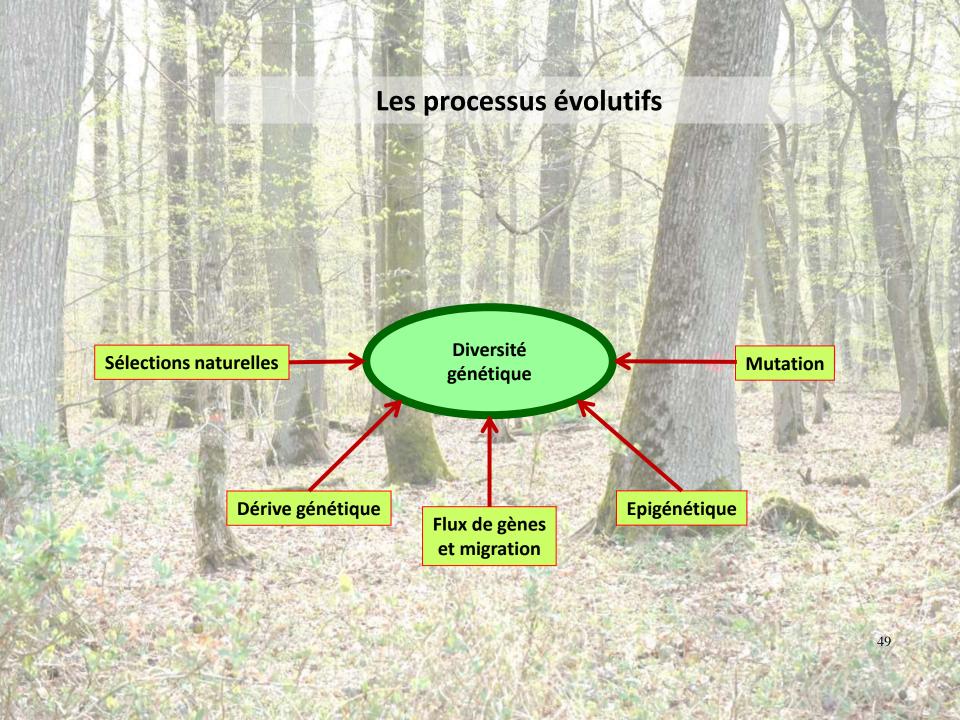
Les arbres ont un niveau de diversité génétique très élevés

=> Adaptation à la longévité ou à la grande taille?



Aujourd'hui, la diversité génétique adaptée aux conditions du futur n'existe pas

=> Faire tourner la machine évolutive à fond pour les générer



EVOLUTION DE LA DIVERSITE GENETIQUE Mutation

Une *mutation* est une modification rare, accidentelle ou provoquée, de l'information génétique (ADN ou ARN) dans le génome.

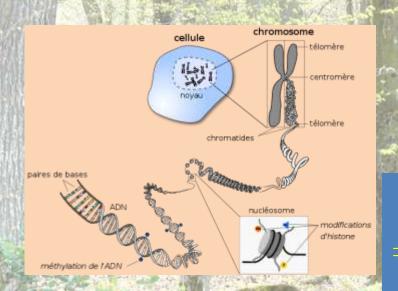
Il existe différents types de mutations :

- Mutations ponctuelles : substitution, insertion et délétions
- Mutations chromosomiques : duplication, translocation, inversion, délétion, insertion, et perte ou d'un gain de chromosomes
- Mutations somatiques et germinales

Pas d'action connue du forestier sur la mutation

Groupe de Progrès : Formation génétique évolutive

EVOLUTION DE LA DIVERSITE GENETIQUE Epigénétique



L'épigénétique est un mécanisme modifiant l'expression des gènes sans en changer la séquence de l'ADN.

Pas d'application pour le moment mais des pistes de réflexion :

EPIGENETIQUE: actions de l'homme

⇒Créer des VG de ressources génétiques locales dans une région plus chaude et plus sèche ⇒Migration assistée : diversité génétique + épigénétique

Groupe de Progrès : Formation génétique évolutive

EVOLUTION DE LA DIVERSITE GENETIQUE Flux de gènes et migration

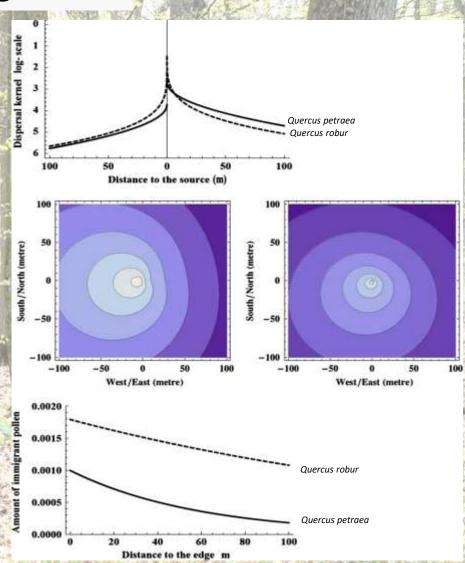




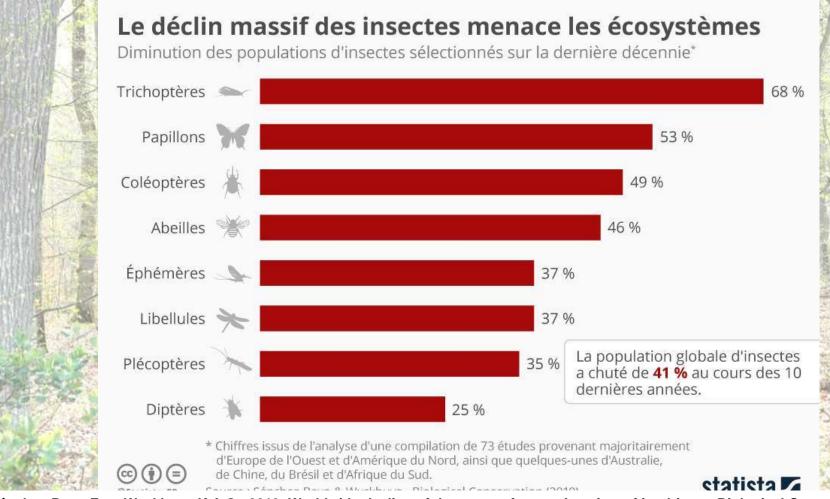
Flux de gènes et migration

Dispersion du pollen de chênes (Lagache *et al.*, 2014)

Distinct male reproductive strategies in two closely related oak species



Flux de gènes et migration : les pollinisateurs



Sánchez-Bayo F. et Wyckhuys K.A.G., 2019. Worldwide decline of the entomofauna : A review of its drivers. Biological Conservation, 232, 8-27

Flux de gènes et migration : dispersion des graines

Distance de dispersion des glands



Espèces	Disperseurs	Distance (moyenne)	Auteur
Quercus robur	Geai des chênes	11 km	Schuster, 1950
Quercus robur	Geai des chênes	4-5 km	Chettelburg, 1952
Quercus robur	Geai des chênes	0 à +100 m	Bossema, 1979
Quercus palustris, Q. phellos et Q. velutina	Geai bleu	100 à 1900 m (1100 m)	Darley-Hill et Jonson, 1981
Quercus ilex	Geai des chênes	0-1000 m (100 m)	Gomez, 2003
Quercus ilex et Q. suber	Geai des chênes	3 - 550 (68,6 m)	Pons et Pausas, 2007
Quercus rubra	Rongeurs	0 - 20 m	Sork, 1984
Quercus serrata et Q. acutissima	Rongeurs	0 - 38,5 m (22,1 m)	Lida, 1996
Quercus liaotungensis	Rongeurs	0 - 18 m	Hong-Jun Li et Zhi-Bin Zhang, 2003
Quercus serrata	Rongeurs	0 - 45,1 m (7,55 m)	Takahashi et al., 2006
Quercus ilex	Rongeurs	(3,56 m)	Gomez et al., 2008

Flux de gènes et migration : dispersion des graines



Bossema, 1979; Ducousso et Petit, 1994

Flux de gènes et migration : dispersion des graines



Flux de gènes et migration : le sylviculteur

Carte des régions de provenance

Régions de provenance

QPE101 Bordure Manche

QPE102 Picardie

QPE103 Massif armoricain

QPE104 Perche

QPE105 Sud Bassin parisien

QPE106 Secteur ligérien

QPE107 Berry-Sologne

QPE201 Ardennes

QPE203 Nord-Est limons et argiles

QPE204 Nord-Est gréseux

QPE205 Vallée de la Saône

QPE212 Est Bassin parisien

QPE311 Charente-Poitou

QPE362 Gascogne

QPE403 Rouergue-Massif Central

QPE411 Allier

QPE422 Morvan-Nivernais

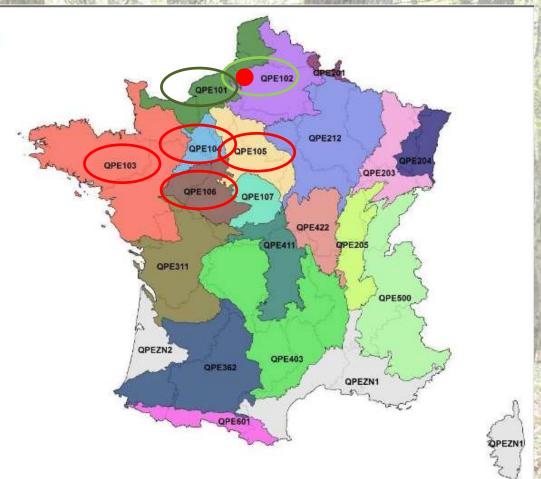
QPE500 Alpes et Jura

QPE601 Pyrénées

QPEZN1 et QPEZN2 Zones sans récolte

— Limite des régions de provenance

Limite des régions administratives



Autre matériel utilisable :

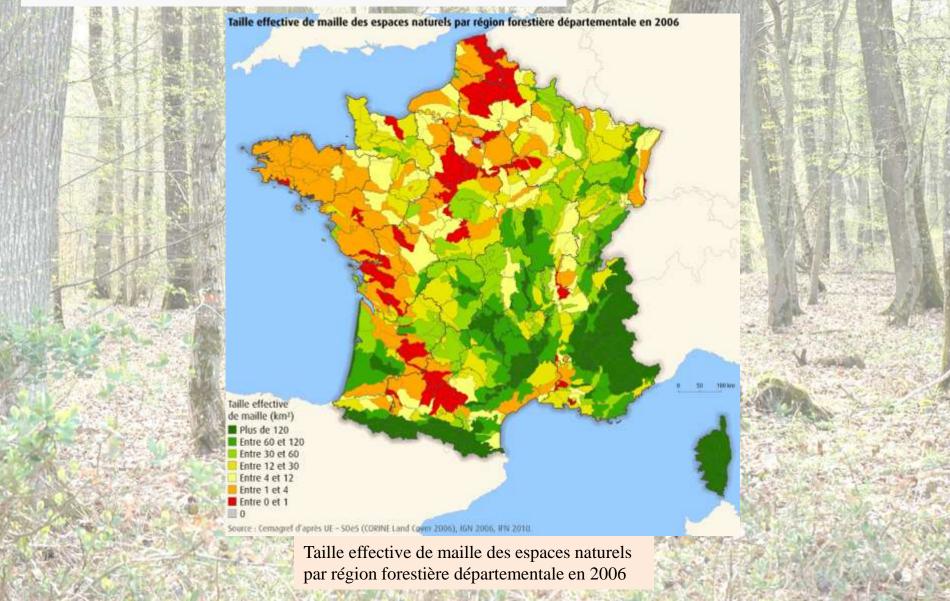
En cas de pénurie

Migration assistée

Flux de gènes et migration : la fragmentation du terri

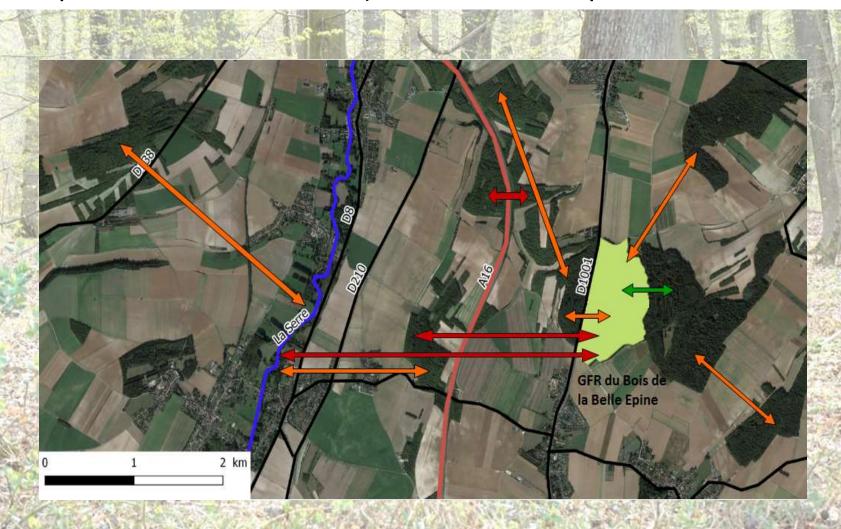


Flux de gènes et migration : la fragmentation du territoire



Flux de gènes et migration : la fragmentation du territoire

un exemple concret en Picardie (Bois de la Belle Epine, Hébécourt, 80)



FLUX DE GENES ET MIGRATION: actions de l'homme

⇒ Protection et restauration des populations de pollinisateurs :

Complexifier les paysages, arrêt des insecticides, extinction des éclairages publiques, écran le long des routes

⇒ Protection et restauration des populations de disséminateurs des graines:

Protection et restauration des disséminateurs des graines (petits carnivores, turdidés, corvidés, sylviidés, etc...)

⇒Restauration des continuités écologiques :

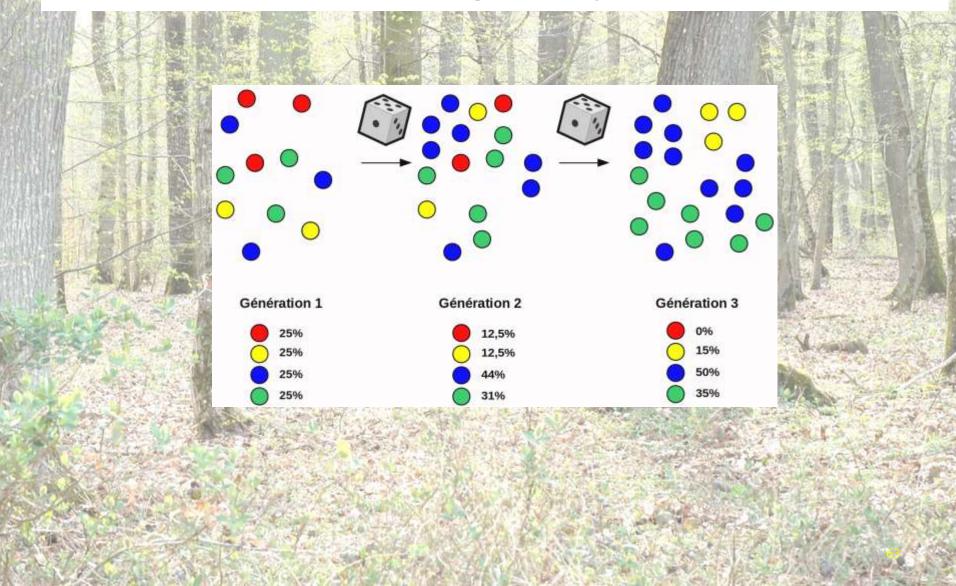
Plantation de bandes boisées ou de haies entre les bois et les forêts, passages à faune sur ou sous les infrastructures, lutte contre les collisions avec la faune, lutte contre le bruit des infrastructures, etc...

⇒ Migration assistée de la diversité génétique :

appliquer la réglementation concernant les M.F.R.

Groupe de Progrès : Formation génétique évolutive

EVOLUTION DE LA DIVERSITE GENETIQUE Dérive génétique



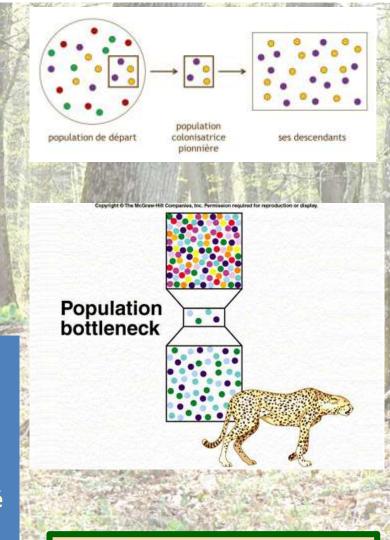
EVOLUTION DE LA DIVERSITE GENETIQUE Dérive génétique

Dérives génétiques : deux cas

- Effet de fondation
- Bottleneck
- Arbres peu sensible à la fragmentation (Kramer et al., 2008)
- Problème détecté par exemple sur des petites populations isolées de hêtre depuis longtemps (Jump et Panuelas, 2006)

DERIVE GENETIQUE: action de l'homme

- ⇒ Nombre de semenciers participant à la nouvelle génération (régénération naturelle et MFR [récolte sur un grand nombre de semenciers et mélange de MFR])
- ⇒ Favoriser la migration et les flux de gènes: continuité écologique et disperseurs



Groupe de Progrès :

Formation génétique évolutive

EVOLUTION DE LA DIVERSITE GENETIQUELes sélections naturelles

Définition :

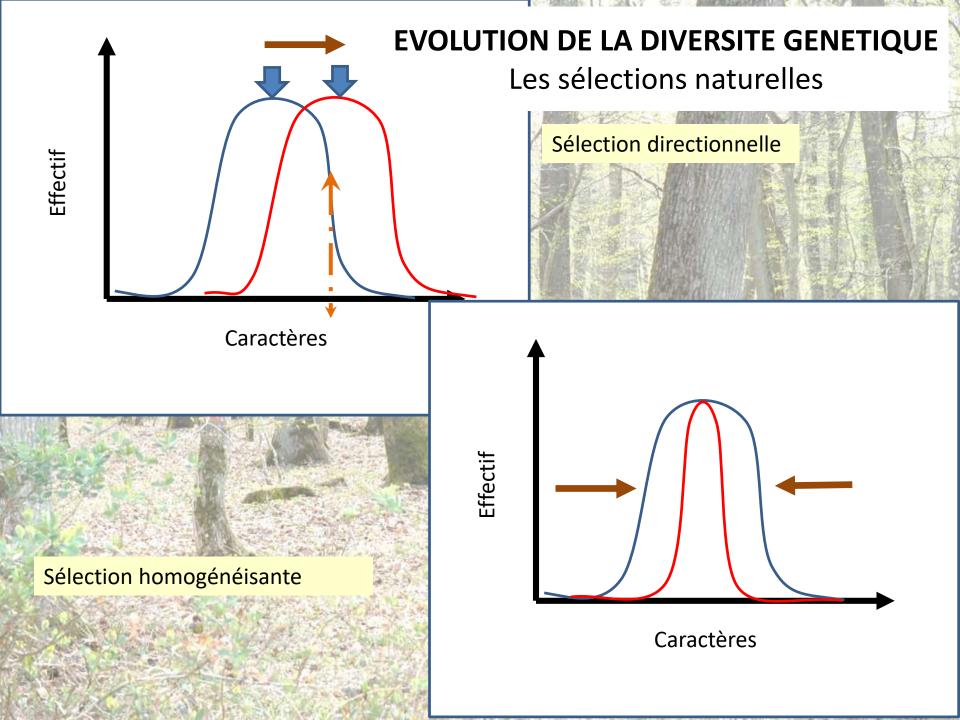
le succès reproductif différentiel entre des individus d'une même espèce et le succès différentiel des gènes présents dans une population

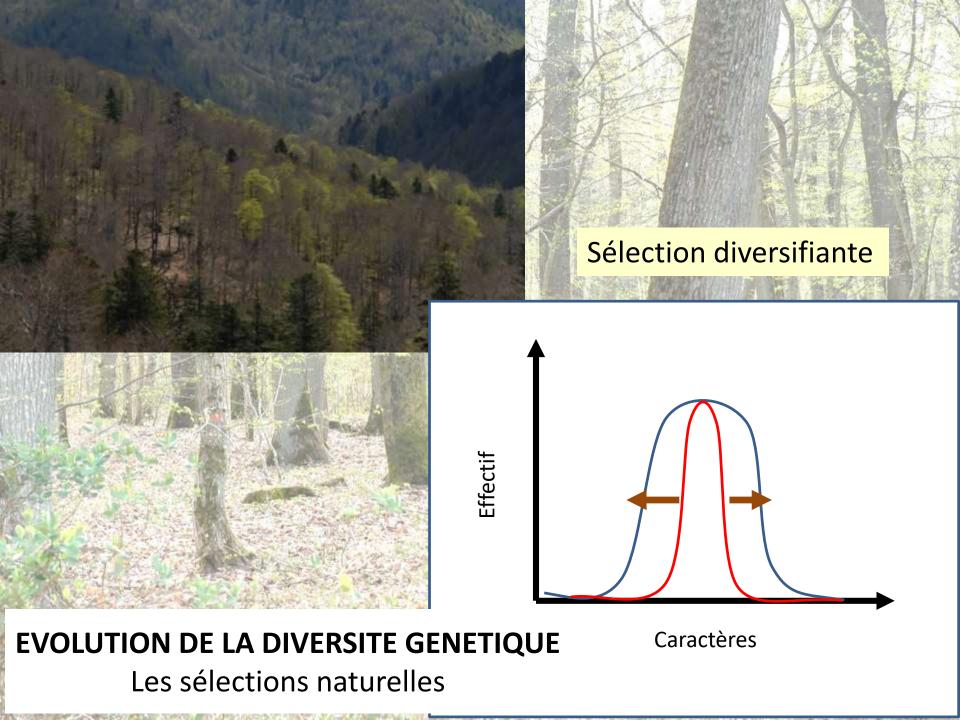
Différents types de sélection naturelle :

- Sélection directionnelle
- Sélection homogénéisante
- Sélection divergente
- Sélection diversifiante
- Sélection fréquence dépendance





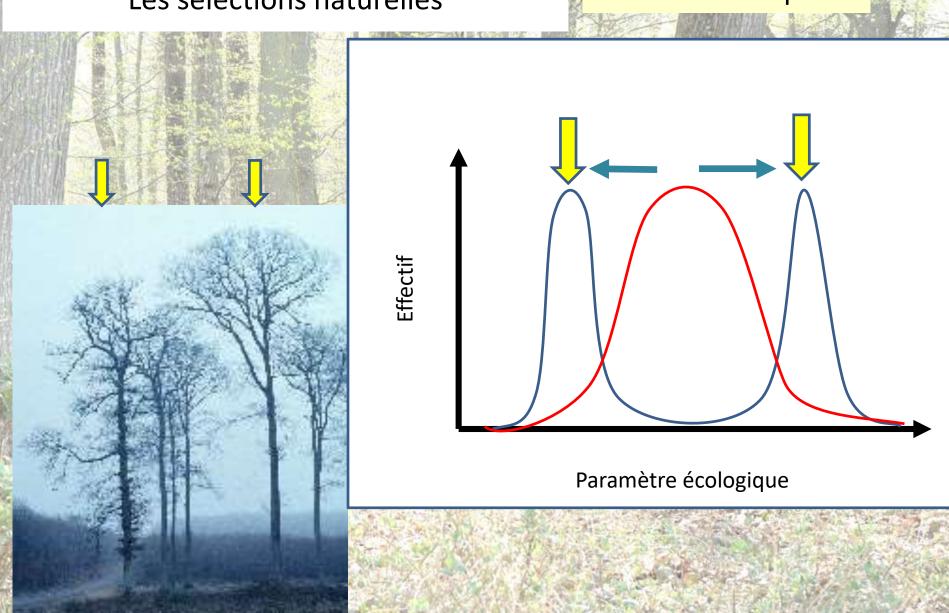


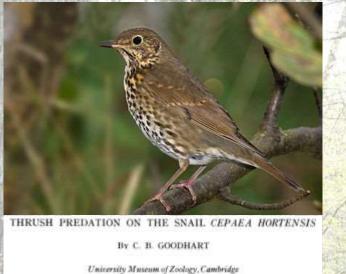


EVOLUTION DE LA DIVERSITE GENETIQUE

Les sélections naturelles

Sélection disruptive



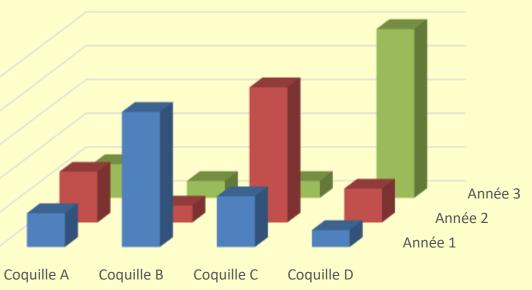


EVOLUTION DE LA DIVERSITE GENETIQUE

Les sélections naturelles

Sélection fréquence-dépendante ou sélection apostatique

Evolution du phénotype des coquilles





SELECTIONS NATURELLES: actions de l'homme

⇒Régénération naturelle :

Choix des semenciers : amélioration génétique

Densité des semis : lutte contre les ennemis des graines (sanglier : loup ; pigeon ramier: autour et chouette hulotte, chenilles défoliatrices : oiseaux insectivores, chiroptères...) et des plantules (campagnols : rapaces et carnivores ; gastéropodes : hérisson, grive musicienne, blaireau, crapaud, staphylin, etc ...)

⇒Régénération artificielle :

Sélection des semenciers et des peuplements

Diversité génétique des MFR ou végétaux locaux : qualité des récoltes (+ de 30 arbres récoltés)

Choix des MFR ou végétaux locaux : provenances locales et migration assistée

Densité de plantation

Groupe de Progrès : Formation génétique évolutive

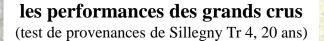
Le forestier est un généticien qui s'ignore

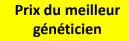
Action	Mutation	Epigénétique	Flux de gènes	Migration	Dérive génétique	Sélections naturelles
Nombre de reproducteurs			genes		X	X
Nombre arbres récoltés pour MFR					Х	Х
Sélection des semenciers						Χ
Choix MFR				X	Х	Х
MFR migration assistée		Х		X	X	X
Continuité écologique				Х	Х	Х
Protection des disséminateurs des graines et pollens			X	X	X	Х
Protection et restauration des insectivores						Χ
Protection et restauration des prédateurs des consommateurs de graines, plantules et plants						Х
Plantation				Х	Х	Х
Densité plantation					X	X
Densité semis					Χ	Χ
Durée des révolutions						X
MONSIEUR JOURDAIN	0	1	1	4	8	12

Je fais de la génétique sans le savoir

Groupe de Progrès : Formation génétique évolutive

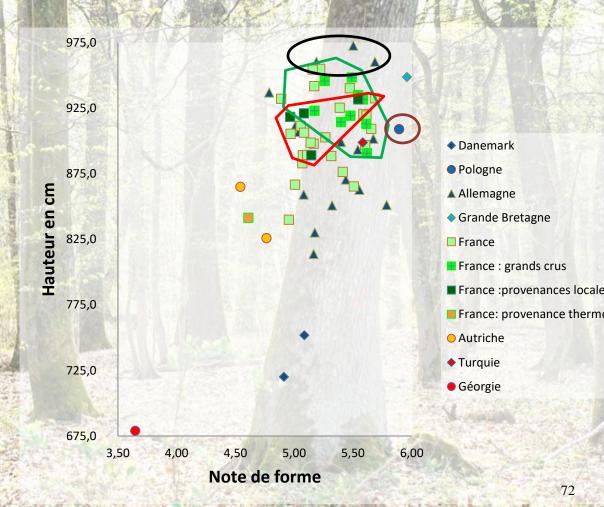
Le forestier est un excellent généticien ... potentiellement











CETEF:

Formation génétique

Choix des MFR, contrats de culture, etc ...



- Rappel sur le climat et les changements climatiques
- Changements climatiques et aménagement
- Changements climatiques et écosystème
 - Changements climatiques et espèces
- Changements climatiques et diversité génétique
- Prise en compte des changements climatiques dans les documents de gestion durable

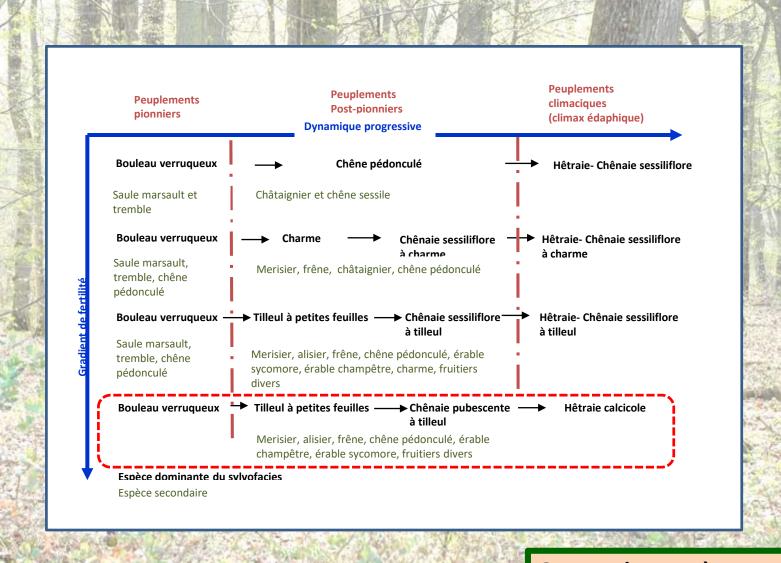


Prise en compte des changements climatiques dans les documents de développement durable



Une bonne connaissance de sa forêt : Cartographie / sol thirtement acute sol neutre. sol fumide sol frais. sol movemenent from - Albe Parcelles sylvipples

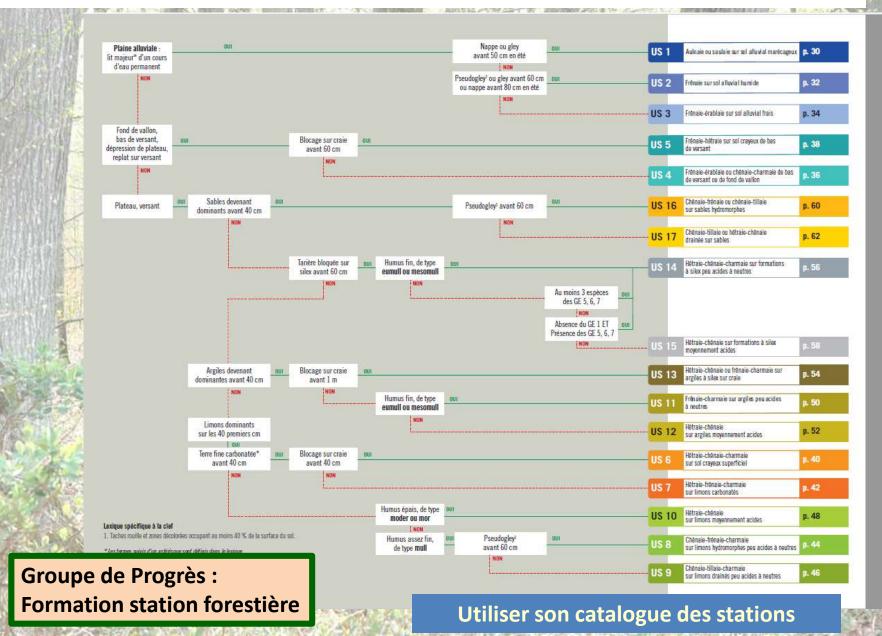
Une bonne connaissance de sa forêt : dynamique de la végétation ou synécologie

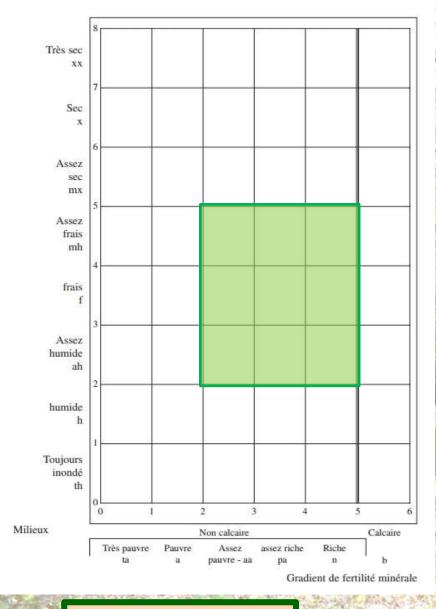


Etablir dynamique forestière (pas facile)

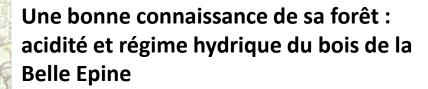
Groupe de Progrès : Formation écologie forestière

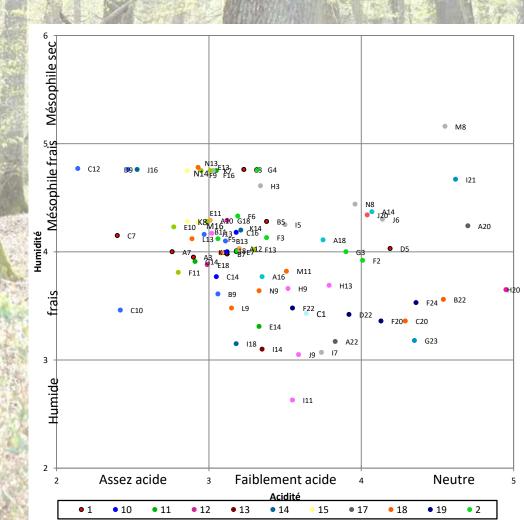
Une bonne connaissance de sa forêt : détermination de la station à l'aide du catalogue des stations

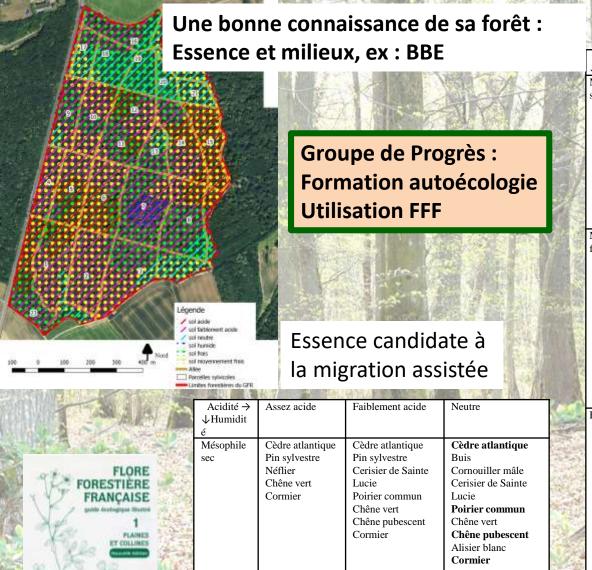




Groupe de Progrès : Formation botanique Formation ecoflore







Cèdre atlantique

Pin sylvestre

Pin sylvestre

Pin sylvestre

Néflier

Cormier

Néflier

Cèdre atlantique

Nover commun

Poirier commun

Noyer commun

Poirier commun

Nover commun

Pin sylvestre

Cormier

Cèdre atlantique

Cornouiller mâle

Poirier commun

Nover commun

Noyer commun

Poirier commun

Nover commun

Cormier

Mésophile

frais

Frais

Humide

Essence autochtones

A STATE OF THE STA	The second second second second	PRESENT DESIGNATION OF THE PERSON NAMED IN COLUMN TWO IS NOT THE PERSON NAMED IN COLUMN TO THE P	CONTRACTOR OF THE PARTY OF THE
Acidité → ↓Humidité	Assez acide	Faiblement acide	Neutre
Mésophile	Erable sycomore	Erable champêtre	Erable champêtre
sec	Bouleau verruqueux	Erable sycomore	Erable sycomore
500	Châtaignier	Bouleau verruqueux	Bouleau verruqueux
	Hêtre	Charme	Charme
	Merisier	Hêtre	Hêtre
	Chêne sessile	Merisier	Merisier
	Alisier torminal	Chêne sessile	Alisier torminal
	Tilleul à petites	Alisier torminal	Tilleul à petites feuilles
	feuilles	Tilleul à petites	Tilleul à grandes
	Tilleul à grandes	feuilles	feuilles
	feuilles	Tilleul à grandes	reumes
	10311100	feuilles	
Mésophile	Erable sycomore	Erable champêtre	Erable champêtre
frais	Bouleau verruqueux	Erable sycomore	Erable sycomore
	Châtaignier	Bouleau verruqueux	Bouleau verruqueux
	Hêtre	Charme	Charme
	Pommier sauvage	Hêtre	Hêtre
	Merisier	Merisier	Pommier sauvage
	Chêne sessile	Chêne sessile	Merisier
	Saule marsault	Saule marsault	Saule marsault
	Alisier torminal	Alisier torminal	Alisier torminal
	Tilleul à petites	Tilleul à petites	Tilleul à petites feuilles
	feuilles	feuilles	Tilleul à grandes
	Tilleul à grandes	Tilleul à grandes	feuilles
	feuilles	feuilles	Orme champêtre*
	Orme champêtre*	Orme champêtre*	
Frais	Erable sycomore	Erable champêtre	Erable champêtre
	Bouleau verrugueux	Erable sycomore	Erable sycomore
	Hêtre	Bouleau verruqueux	Bouleau verruqueux
	Pommier sauvage	Charme	Charme
	Tremble	Frêne*	Frêne*
	Merisier	Pommier sauvage	Pommier sauvage
	Chêne sessile	Tremble	Tremble
	Chêne pédonculé	Merisier	Merisier
	Saule marsault	Chêne sessile	Chêne pédonculé
	Alisier torminal	Chêne pédonculé	Saule marsault
	Tilleul à petites	Saule marsault	Alisier torminal
	feuilles	Alisier torminal	Tilleul à petites feuilles
	Orme champêtre*	Tilleul à petites	Orme champêtre*
	_	feuilles	-
		Orme champêtre*	
Humide	Erable sycomore	Erable sycomore	Erable sycomore
	Bouleau verruqueux	Bouleau verruqueux	Bouleau verruqueux
	Tremble	Charme	Charme
	Chêne pédonculé	Frêne	Frêne
	Saule marsault	Tremble	Tremble
	Alisier torminal	Chêne pédonculé	Chêne pédonculé
	Orme champêtre	Saule marsault	Saule marsault
	•	Alisier torminal	Orme champêtre*
		Orme champêtre*	
The second second second	Colors Color Sales Annual Color of Parkets	AND ADDRESS OF THE PARTY OF THE	CONTRACTOR OF THE PARTY OF THE

Une bonne connaissance de sa forêt : Analyse du climat actuel et futur, exemple du PSG du bois de la Belle Epine 2019-2033

Tableau 3.2. : Evapo-Transpiration-Potentiel et réserve utile des sols (RU) pour le bois de la Belle Epine, paramètres calculés à partir des données Worldclim.

Ø	THE NAME OF	102	Res b	1200	MEGA	45	S. Carlotte	La Con-	125 BER 100	S 110	The same of	D. NEISON	1 11	自国公司
Ø	Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Année
STREET, STREET	ETP Penmann- monteih (mm)	10,2	18	48,5	78	102,9	111,8	114,7	92,6	59,2	33,3	16,8	18,7	704,7
STATE OF STA	Déficit hydrique (RU 50 mm)	0	0	0	41	58	62	38	5	0	0	0	0	204
PER PER PER	Déficit hydrique (RU 100 mm)	0	0	0	0	50	62	38	5	0	0	0	0	155
がいたのでは	Déficit hydrique (RU 150 mm)	0	0	0	0	0	61	38	5	0	0	0	0	104
	Déficit hydrique (RU 200 mm)	0	0	0	0	0	11	38	5	0	0	0	0	54

Groupe de Progrès : Formation climatologie

Etablir climat actuel de sa forêt Etablir les climats possibles de sa forêt

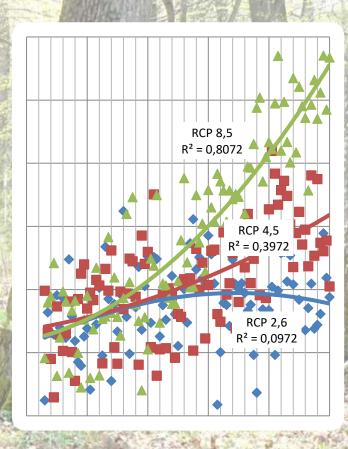


Figure 3.8 : évolution de la température moyenne du bois de la Belle Epine selon les simulations CNRM modèle ALADIN Climat corrigé QQ (Météo-France) pour la période 2006-2100 pour trois RCP (abscisse : année ; ordonnées : température moyenne).

RUM mm	année	Modèles	Erable sycomore	Hêtre	Erable champêtre	Chêne vert	Pin sylvestre	Chêne pédonculé	Chêne sessile
50	2012	référence	100	100	100	66	100	100	100
50	2030	ALD1	38	89	100	99	100	100	100
50	2080	ALD1	1	16	100	100	92	96	99
50	2030	ALD2	8	56	100	100	98	99	100
50	2080	ALD2	0	6	100	100	79	89	96
50	2030	ALD3	83	98	100	99	100	100	100
50	2080	ALD3	1	16	100	100	92	96	99
50	2030	LMD1	100	100	100	100	100	100	100
50	2080	LMD1	54	100	65	100	100	100	100
50	2030	LMD2	100	100	100	100	100	100	100
50	2080	LMD2	99	100	100	100	100	100	100
-									
100	2012	référence	100	100	100	66	100	100	100
100	2030	ALD1	74	97	100	99	100	100	100
100	2080	ALD1	5	45	100	100	98	99	100
100	2030	ALD2	28	85	100	100	100	100	100
100	2080	ALD2	2	20	100	100	94	97	99
100	2030	ALD3	96	100	100	99	100	100	100
100	2080	ALD3	5	44	100	100	98	99	100
100	2030	LMD1	100	100	100	100	100	100	100
100	2080	LMD1	54	100	65	100	100	100	100
100	2030	LMD2	100	100	100	100	100	100	100
100	2080	LMD2	99	100	100	100	100	100	100
-	2000	Linbs		100	100	100	100	100	100
150	2012	référence	100	100	100	66	100	100	100
150	2030	ALD1	93	99	100	99	100	100	100
150	2080	ALD1	18	76	100	100	99	100	100
150		ALD2	64	96	100	100	100	100	100
150	2080	ALD2	6	50	100	100	98	99	100
150	2030	ALD3	99	100	100	99	100	100	100
150	2080	ALD3	18	76	100	100	99	100	100
150	2030	LMD1	100	100	100	100	100	100	100
150	2080	LMD1	54	100	65	100	100	100	100
150	2030	LMD2	100	100	100	100	100	100	100
150	2080	LMD2	99	100	100	100	100	100	100
100	2030		- //	100	- 30	100	100	- 500	100
200	2012	référence	100	100	100	66	100	100	100
200		ALD1	98	100	100	99	100	100	100
200		ALD1 ALD1	39	90	100	100	100	100	100
		ALD1 ALD2		99			100		
200	-		88		100	100		100	100
200		ALD2	18	77	100	100	99	100	100
200		ALD3	100	100	100	99	100	100	100
200		ALD3	39	90	100	100	100	100	100
200		LMD1	100	100	100	100	100	100	100
200		LMD1	54	100	65	100	100	100	100
200		LMD2	100	100	100	100	100	100	100
200	2080	LMD2	99	100	100	100	100	100	100

Choix des essences au bois de la Belle Epine: méthode IKS (Climessence)

Probabilité de survie de différentes essences, selon 4 réserves utiles (RUM : 50, 100, 150 et 200 mm) trois dates et 5 scenarii au Bois de la Belle Epine

Groupe de Progrès : Formation BioClimSol Formation Climessence

- Tester toutes les essences avec les outils disponibles
- Intégrer ces résultats à son PSG

Une bonne connaissance de sa forêt : Un nouveau regard sur la biodiversité









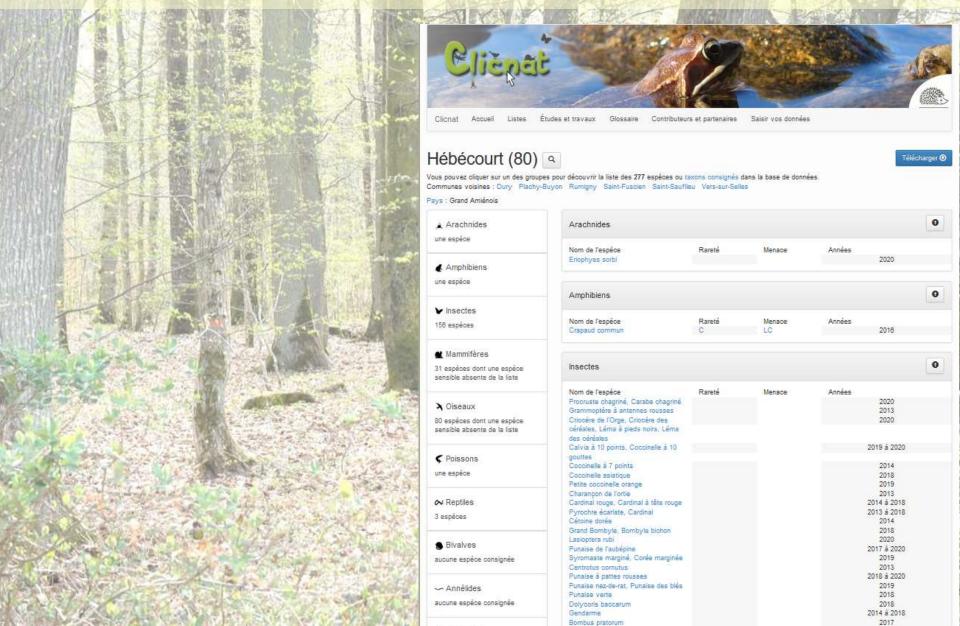


- Dispersion des graines
- Régulateur des consommateur de graines, plantules et plants
- Comportement des cervidés
- Elagage naturel
- Alimentation en eau et matières minérales
- Régulation des chenilles défoliatrices

- ...



Une bonne connaissance de sa forêt : accès à l'information



Une bonne connaissance de sa forêt : les inventaires



Exemple : inventaire des papillons nocturnes du bois de la Belle Epine (80)

Les inventaires...... Un outil pas toujours facile à utiliser



Nom scientifique	Famille	Abondance
(Nom français)		
Alcis repandata (Boarmie recourbée)	Géometridées	AC
Angerona prunaria (Angéronie du prunier)	Géometridées	PC
Arctornis l-nigrum (L noir)	Lymentriidées	С
Biston betularia (Phalène du Bouleau)	Géometridées	C
Cabera exanthemata (Cabère pustulée)	Géometridées	С
Cabera pusaria (Cabère virginale)	Géometridées	C
Campaea margaritaria (Céladon)	Géometridées	TC
Camptogramma bilineata (Brocatelle d'or)	Géometridées	
Cidaria fulvata (Cidarie fauve)	Géometridées	PC
Diarsia brunnea (Noctuelle brune)	Noctuidées	С
Dysstroma truncata (Cidarie roussâtre)	Géometridées	
Eilema sororcula (Manteau jaune)	Arctiidées	С
Electrophaes corylata (Cidarie rompue)	Géometridées	AR
Euplexia lucipara (Brillante)	Noctuidées	PC
Geometra papilionaria (Géomètre papillonaire)	Géometridées	PC
Herminia grisealis (Herminie grise)	Noctuidées	PC
Hoplodrina octogenaria (Noctuelle de la morgeline)	Noctuidées	С
Hypena proboscidalis (Noctuelle à museau)	Noctuidées	TC
Hypomecis punctinalis (Boarmie apparentée)	Géometridées	PC
Hypomecis roboraria (Boarmie du chêne)	Géometridées	PC
Idaea biselata (Truie)	Géometridées	С
Korscheltellus lupulinus (Louvette)	Hepialdées	C
Laspeyria flexula (Crochet)	Noctuidées	AR
Ligdia adustata (Phalène du fusain)	Géometridées	С
Lomaspilis marginata (Marginée)	Géometridées	C
Lomographa bimaculata (Phalène à deux taches)	Géometridées	AR
Macaria notata (Philobie tachetée)	Géometridées	AC
Melanthia procellata (Mélanthie pie)	Géometridées	AR
• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •		
Miltochrista miniata (Rosette)	Arctiidées	TR C
Mimas tiliae (Sphinx du tilleul)	Sphingidées	
Opisthograptis luteolata (citronelle rouillée)	Géometridées	TC
Parectropis similaria (Boarmie sylvatique)	Géometridées	AR
Peribatodes rhomboidaria (Boarmie rhomboïdale)	Géometridées	C
Plagodis dolabraria (Phalène linéolée)	Géometridées	AR
Polia nebulosa (Brodée)	Noctuidées	AR
Ptilodon capucina (Crête de coq)	Notodontidées	C
Rivula sericealis (Soyeuse)	Noctuidées	TC
Spilosoma lubricipeda (Ecaille-tigre)	Arctiidées	C
Spilosoma lutea (Ecaille-lièvre)	Arctiidées	TC
Tetheella fluctuosa (Onduleuse)	Drepanidées	C
Thyatira batis (Batis)	Drepanidées	C
Tortrix viridana (Tordeuse verte du chêne)	Tortricidées	TC

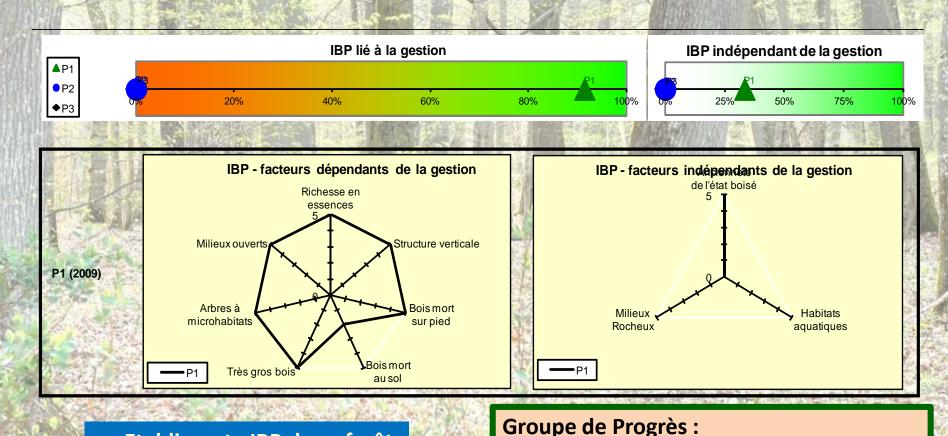
Une bonne connaissance de sa forêt : Indice de Biodiversité Potentiel (CNPF, Larrieu et Gonin)

Facteurs de l'IBP			Typologie	Reboisement de terres agricoles	Futaie TGB + lisière
	Végétation	A	Richesse en essences	2	5
	Vegetation	В	Structure verticale	0	5
dépendants de la gestion forestière	Microhabitats liés aux arbres	C	Bois mort sur pied	0	5
		D	Bois mort au sol	0	2
		E	Très gros bois	0	5
		F	Arbres à microhabitats	0	5
	Habitats associés	G	Milieux ouverts	0	5
indépendants de la gestion forestière	Continuité de l'écosystème H		Ancienneté de l'état boisé	2	5
	Habitats associés	I	Habitats aquatiques	0	0
	Habitats associes	J	Milieux Rocheux	0	0





Une bonne connaissance de sa forêt : IBP avec le bois de la Belle Epine Lisière bois-prairie avec des très gros bois



Etablir carte IBP de sa forêtIntégrer IBP dans sa gestion

Formation biodiversité forestière
Formation solutions fondées sur la nature

TRANSFORMER CES INFORMATIONS EN PRATIQUES SYLVICOLES DANS LE PSG

Aménagements forestiers => un chapitre infrastructures

Cloisonnement

Voirie

Aménagement incendie

Ecosystèmes => chapitre sur la sylviculture et un chapitre sur les essences objectifs

Peuplements mélangés

Sylviculture adaptative : $G = 15 \text{ m}^2$, rotation = -10 ans ; coupe sanitaire = 3 ans ; etc ...

<u>Espèces</u> => un chapitre sur les essences objectifs

Favoriser les espèces les plus résistantes à la chaleur et la sécheresse

Migration assistée

Ressources génétiques => chapitre espèce et chapitre biodiversité

Les bonnes MFR

Faire tourner la machine évolutive

Biodiversité => un chapitre biodiversité

Inventaire et/ou IBP

Milieux annexes (gestion des lisières, clairière, chemin, mares, zones humides,...)

Solutions fondées sur la nature (dispersion des graines, élagage naturel, etc ...)



FLORE FORESTIÈRE FRANCAISE

Les outils disponibles sont nombreux... Utilisons les!

a station forestière

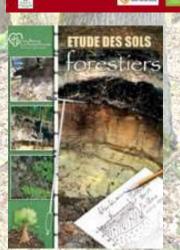














Lire les documents disponibles : site CNPF et CRPF, Forêt-Entreprise, RDV techniques ONF, RFF,... **Groupe de Progrès :**Formation sur les outils disponibles

Conclusion

Il faut agir ; ne rien faire est la pire des solutions

(1) Bonnes pratiques sylvicoles

meilleure assurance contre les changements climatiques

(2) Des actions simples permettent de préparer le futur : Cloisonnement, essence objectif, gestion des ressources génétiques, sylviculture dynamique, prise en compte de la biodiversité,...

Feuille de route pour le Groupe de Progrès

FORMATIONS:

- Aménagement : cloisonnement, dessertes et stockage, risques incendie,...
- Diagnostique : sylvicole, catalogue des stations, risques, biodiversité
- **Sylviculture**: peuplements mélangés, normes sylvicoles nouvelles à adapter localement, réflexion sur les traitements
- **Gestion des essences :** diversité des peuplements, établir une liste des espèces du futur et des espèces à risques, favoriser les essences adaptées aux conditions du futur
- Gestion de la diversité génétique : conseils d'utilisation, appliquer la réglementation forestière, ressources génétiques thermophiles et mise en place de structures de productions de graines (peuplements sélectionnés [chêne pubescent,...], vergers à graines [alisier torminal, poirier, cormier,...],...) et faire tourner la machine évolutive (flux de gènes, migration, dérive, sélections)
- **Gestion de la biodiversité :** IBP, lisières étagées, milieux peri-forestiers, bois mort, très gros bois, arbre à microhabitats, ...

R&D:

- **lien plus fort avec la recherche et développement :** CRPF, IDF, RMT AFORCE, INRAE, Université, ...
- ouverture à la réflexion sur l'innovation au sein de petits groupes de gestionnaires motivés (CETEF, forêt pilote, etc...)

