



**HAL**  
open science

## Rôle des modèles de simulation dans la transformation des pratiques de gestion forestière liée aux enjeux climatiques

Jean-François Dhôte, Jean-Charles Bastien, Alice Roux, Brigitte Musch,  
Philippe Dreyfus, Christine Deleuze

### ► To cite this version:

Jean-François Dhôte, Jean-Charles Bastien, Alice Roux, Brigitte Musch, Philippe Dreyfus, et al.. Rôle des modèles de simulation dans la transformation des pratiques de gestion forestière liée aux enjeux climatiques. Réunion annuelle CAQSI, Mar 2017, Bordeaux, France. hal-03544637

**HAL Id: hal-03544637**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03544637>**

Submitted on 26 Jan 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License



# Rôle des modèles de simulation dans la transformation des pratiques de gestion forestière liée aux enjeux climatiques



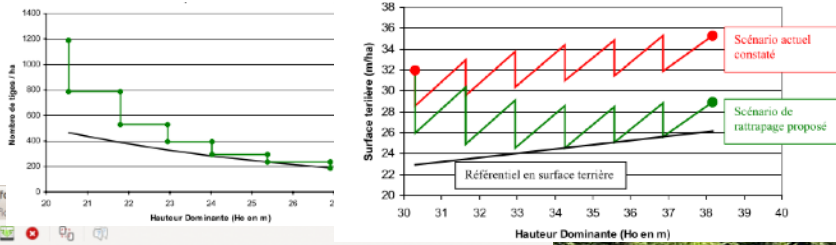
Jean-François Dhôte, Jean-Charles Bastien, Alice Roux (INRA),  
Brigitte Musch, Philippe Dreyfus & Christine Deleuze (ONF)

# Objectifs de la présentation

- ❖ Arrière-plan, le caractère structurant des enjeux climatiques :
  - ❖ adaptation de la sylviculture, des aménagements, refonte **planification**
  - ❖ prévention des risques & sécurisation des services écosystémiques
  - ❖ **fournir la demande mondiale** : un défi énorme pour la filière
  - ❖ progression rapide du taux de récolte, logistique
  - ❖ calcul des contrats d'approvisionnement, installation d'usines
- ❖ Outiller une profonde transformation des pratiques de gestion :
  - ❖ formaliser/stimuler une planification **multi-échelle effective** des ressources forestières (parcelle, massif aménagé, entreprise)
  - ❖ **multiplication des options**/itinéraires : monitoring, prédiction spatialisée, simulation sous incertitude, optimisation, standardisation
  - ❖ concevoir pour **un dialogue multiple** : acteurs & ≠ parties prenantes (industriels, collectivités, chasseurs, riverains, naturalistes, récréatifs)



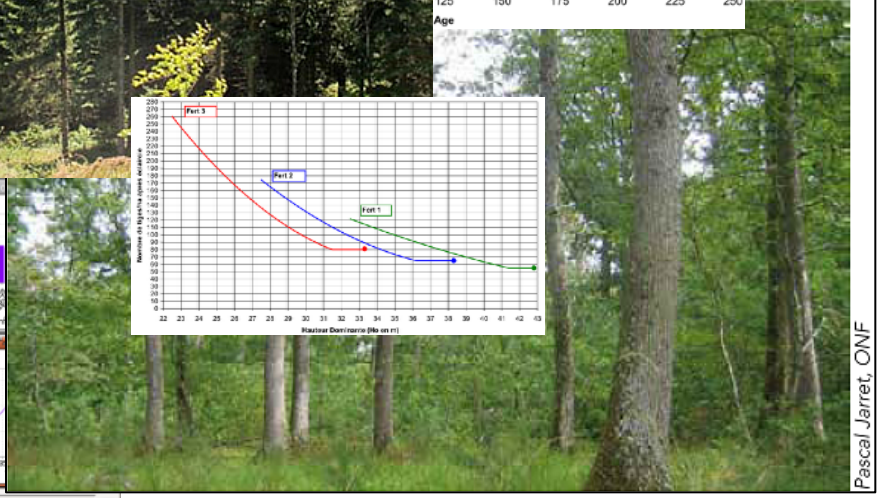
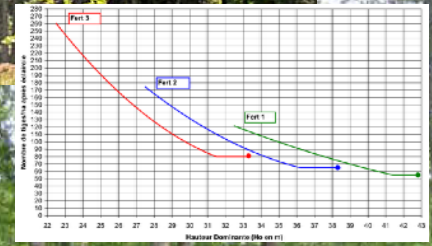
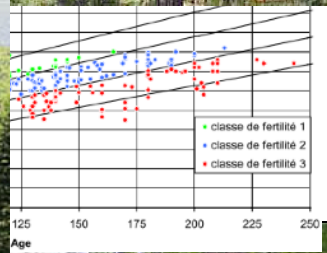
## 1 UP TO NOW ... Current Situation



Projet FCBA Picea abies (fcb) - 1 ha - Tout en mémoire - /tmp/fcbaPiceaAbies-class-inventory625443344334...

- Age / Temps
- Dg / Temps
- C / ha / Temps
- Hauteur / Diamètre
- Hdom / Temps
- Morts / ha / Temps
- N / Classes d'éclatement
- N / Classes de circonférence
- N / Classes de diamètre
- N / Classes de hauteur
- N / Temps (ou âge) ou / Hd
- Volume / Temps

Graphs visible in the interface include: fcb 59a Distribution, fcb 59a Arbres morts, fcb 59a Hauteur, fcb 59a Hdom, fcb 59a Classes d'éclatement, fcb 59a Classes de diamètre, fcb 59a Classes de hauteur, fcb 59a N / Temps (ou âge) ou / Hd, and fcb 59a Volume / Temps.





# Point-étape après 2 années de concertation...

- ❖ ...avec des publics très variés :
  - ❖ conférences internationales pré-COP21 (Chine, Brésil)
  - ❖ groupes de w multi-acteurs du PNFB, réseau SEHS d'ECOFOR
  - ❖ industriels : FNB, Coops, COPACEL
  - ❖ COURS « *Gestion des ressources forestières et changement climatique : adaptation, atténuation, performance industrielle* », AgroParisTech-Master FAGE, annuel depuis 2013
  - ❖ étude INRA-IGN pour le MAAF « Leviers forestiers », juil. 2015-avr. 2017
  - ❖ AG Communes Forestières du Doubs, 19 nov. 2016
  - ❖ séminaire INRA « Quels MFR pour demain ? », Orléans, 23 nov. 2016
  - ❖ Form° AgroParisTech Executive « Forêt & CC » pour les experts forestiers, 26 janv. 2017
  - ❖ séminaire projet PSDR Défiforbois, région Centre, 3 fév. 2017
  - ❖ audition CGAAER, 8 février 2017
  - ❖ Journée Recherche IGN, 23 mars 2017
  - ❖ Académies (technologies, agriculture) : mars & oct. 2015, nov. 2016
  - ❖ +++ **#RIFB 2025**

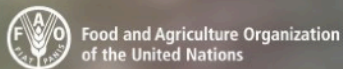
## Résumé des épisodes précédents : quelques « vaches sacrées » à bousculer (cf PNFB)

- ❖ Spécial dédicace :
  - ❖ **nous manquons de bois-mort**  
(qui héberge 25% de la biodiversité...)
  - ❖ sylviculture proche de la nature, *Nature-Based Solutions*
- ❖ Représentations dominantes, constituant des verrous :
  1. les forestiers sont des nuisibles (/ insuffisance de gestion)
  2. viser le haut de gamme partout (/ gisement d'usages/qualité 2aire)
  3. nous manquons de GB et TGB (/ c'est le recrutement qui fait défaut)
  4. régénération naturelle partout (/ on doit reconquérir la plantation)
  5. on ne peut rien faire avec les chasseurs [sourire las]
  6. haro sur les résineux (/ nous consommons à 85% des sciages résineux)
  7. splendide isolement de la forêt (/ secteur-clé de la bioéconomie)
  8. les industriels n'ont qu'à transformer ce que produisent les forestiers...



» FORESTS MATTER BECAUSE «  
when managed sustainably  
they stabilise our climate  
and secure our future

#ForestsMatter  
#ForestActionDay #COP22  
[www.fao.org/forestry/en](http://www.fao.org/forestry/en)



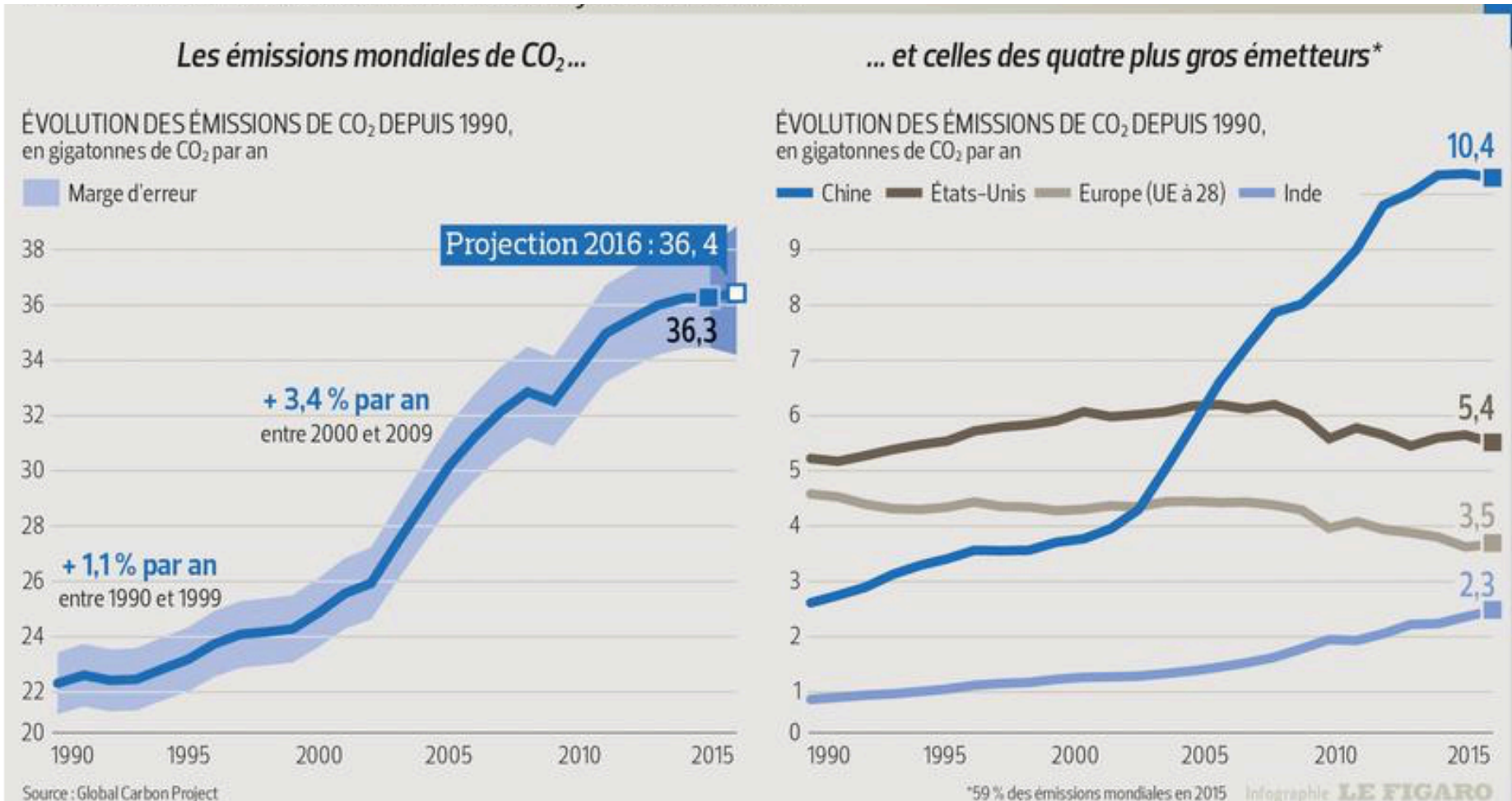
Kal Lintunen @birdieviews · 7 nov. 2016  
#ForestsMatter, when managed sustainably they stabilize our climate and secure our future #COP22 #ForestActionDay

6 3

1  
Situer la forêt dans le  
contexte des multiples transitions :  
drivers climatiques, économiques, énergétiques,  
bioéconomie et économie circulaire



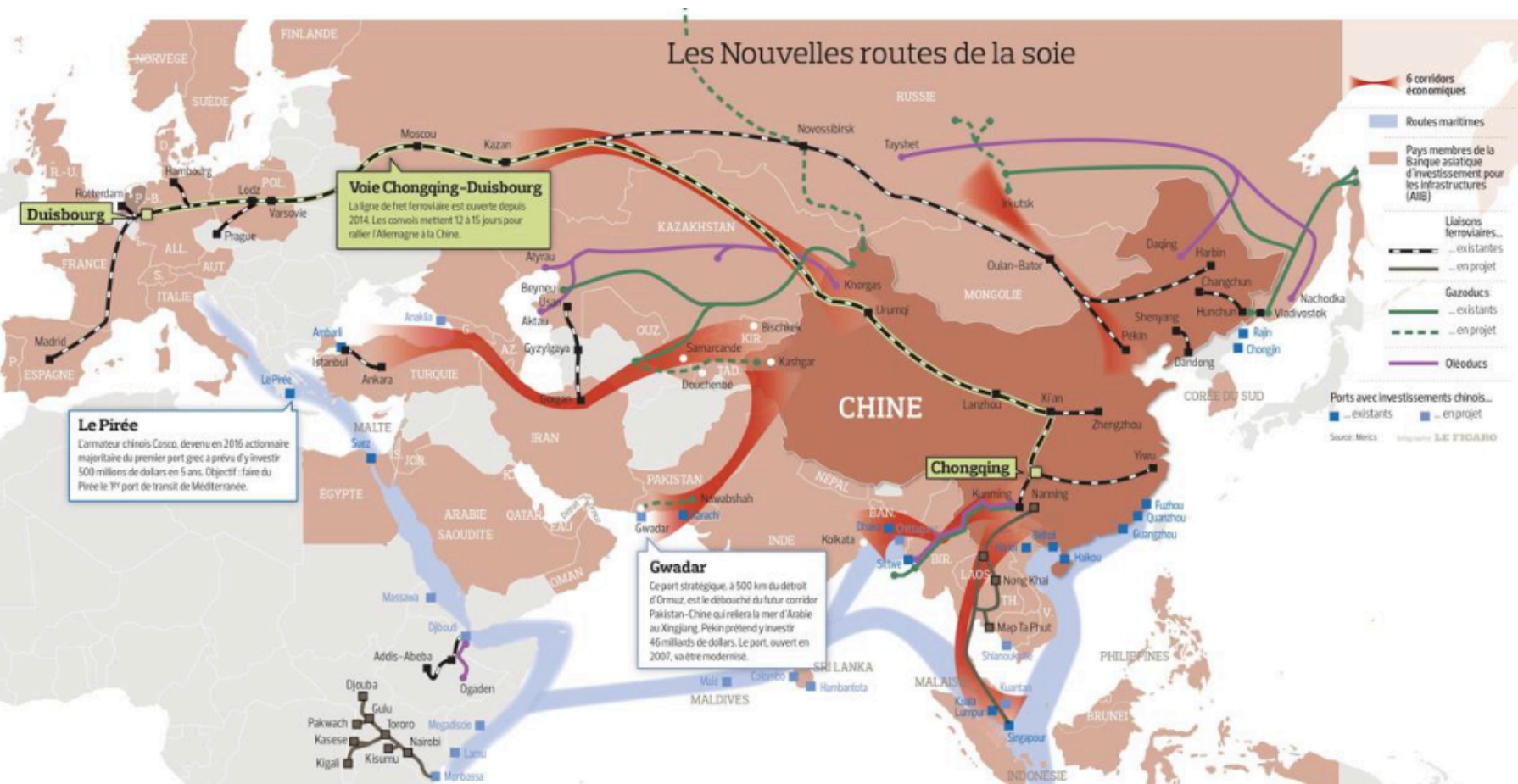
# Depuis 1990, comment évoluent les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> (principal gaz à effet de serre) ?



Europe : délocalisations  
Chine : charbon, circulation, croissance

— USA : > gaz de schistes  
— Inde : ??

# Mondialisation : les nouvelles routes de la soie



Le Figaro, 17 janvier 2017 : Chongqing, la mégapole du Sichuan, relie directement l'Europe par le rail

Mondie

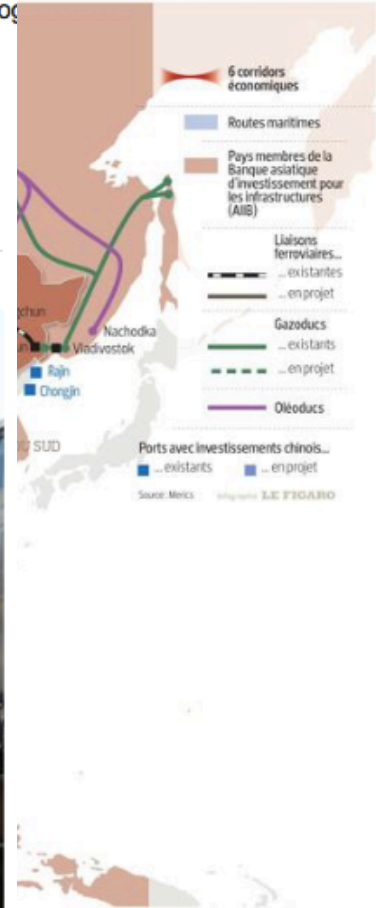
# 'China freight train' in first trip to Barking

3 January 2017 | Business

Share



The first freight train from China arrived in Hamburg in August 2013 after a 15 day journey



Le Figaro, 17  
l'Europe par l'

China has launched a direct rail freight service to London, as part of its drive to develop trade and investment ties with Europe.

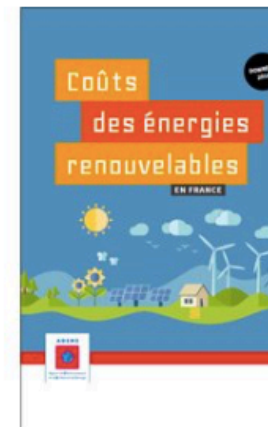
directement



## Le coût des énergies renouvelables en France

À l'occasion des Assises européennes de la transition énergétique, l'ADEME publie ce 25 janvier son étude « Coûts des énergies renouvelables en France » qui montre que les énergies renouvelables sont des filières de plus en plus compétitives pour les territoires.

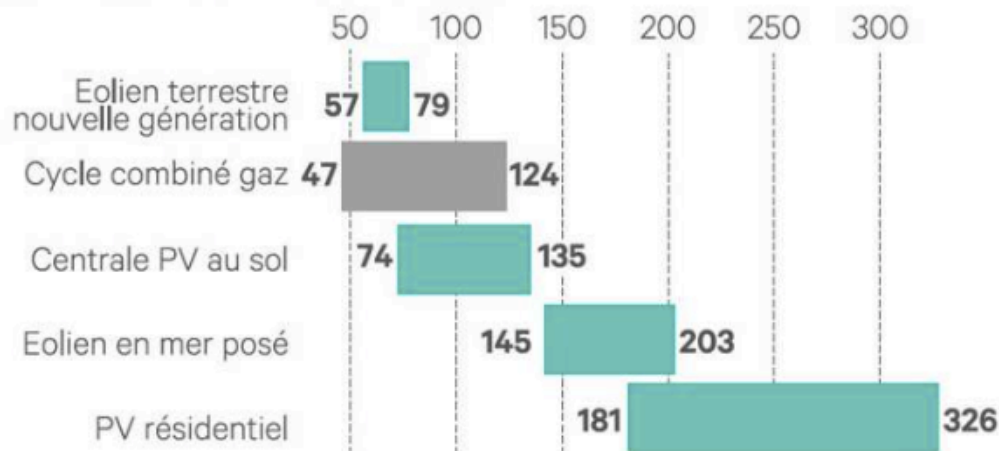
Mots-clés : ENR, ENERGIE SOLAIRE, BOIS ENERGIE, EOLIENNE



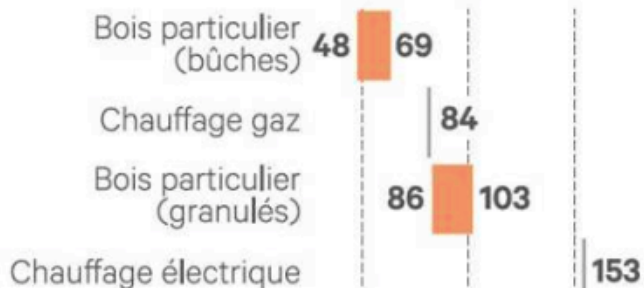
### Coûts complets de production en France pour la production...

En euros/MWh

#### ... d'électricité renouvelable



#### ... de chaleur renouvelable



Les coûts relatifs des nouvelles énergies changent vite...  
quid de la durabilité à long-terme de ces filières ?

Many resources are forecasted to run out within a relatively short period, ...



<http://reports.weforum.org/toward-the-circular-economy-accelerating-the-scale-up-across-global-supply-chains/mounting-pressure-on-resources/>

Remaining years until depletion of known reserves (based on current rate of extraction)		5-50 years										He																							
		50-100 years																																	
		100-500 years																																	
1	H																																		
1.00794																																			
3	Li	4	Be									10	Ne																						
6.941	9.012182									20.1797																									
11	Na	12	Mg							18	Ar																								
22.98977	24.3050							39.948																											
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
39.0983	40.078	44.95591	47.867	50.9415	51.9961	54.93804	55.845	58.93320	58.6934	63.546	65.39	69.723	72.61	74.92160	78.96	79.904	83.80																		
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
85.4678	87.62	88.906	91.224	92.90638	95.94	101.07	102.9055	106.42	107.8682	112.411	114.818	118.760	121.760	127.60	131.29																				
55	Cs	56	Ba	57	La*	58	Hf	59	Ta	60	W	61	Re	62	Os	63	Ir	64	Pt	65	Au	66	Hg	67	Tl	68	Pb	69	Bi	70	Po	71	At	72	Rn
132.9054	137.327	138.9055	178.49	180.9479	183.84	186.207	190.23	192.217	195.078	196.9665	200.59	204.3833	208.9804	(209)	(210)	(222)																			
87	Fr	88	Ra	89	Ac†	90	Rf	91	Db	92	Sg	93	Bh	94	Hs	95	Mt	96	Ds	97	Rg	98	Uub	99	Uut	100	Uuq	101	Uup	102	Lv	103	Uus	104	Uuo
(223)	226.025	(227)	(257)	(260)	(263)	(266)	(269)	(271)	(272)	(285)	(288)	(292)																							

... while only few materials are recycled at scale

Lanthanides *																											
58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu
140.9077	144.24	(145)	150.36	151.964	157.25	158.9253	158.9253	162.50	164.9303	173.04	174.967																

Actinides †																											
90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr
232.0381	231.0289	238.0289	(237)	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(252)																		

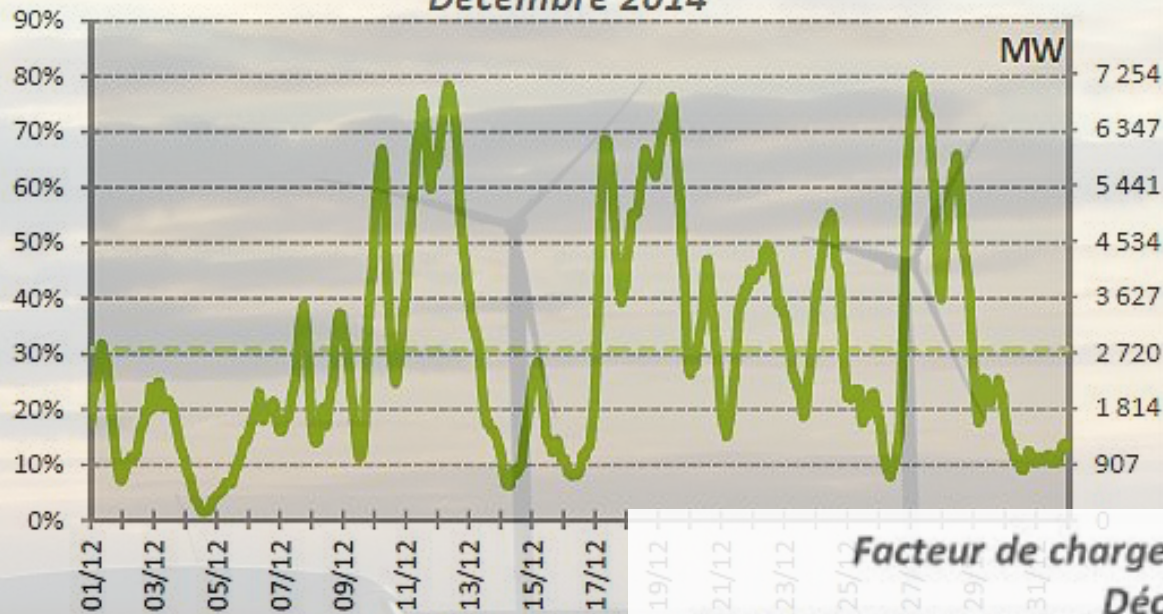
		Current rates of recycling										He																							
		<1%										4.002602																							
		1-10%																																	
		10-25%																																	
		25-50%																																	
		>50%																																	
		No data available																																	
1	H																																		
1.00794																																			
3	Li	4	Be									10	Ne																						
6.941	9.012182									20.1797																									
11	Na	12	Mg							18	Ar																								
22.98977	24.3050							39.948																											
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
39.0983	40.078	44.95591	47.867	50.9415	51.9961	54.93804	55.845	58.93320	58.6934	63.546	65.39	69.723	72.61	74.92160	78.96	79.904	83.80																		
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
85.4678	87.62	88.906	91.224	92.90638	95.94	101.07	102.9055	106.42	107.8682	112.411	114.818	118.760	121.760	126.9044	131.29																				
55	Cs	56	Ba	57	La*	58	Hf	59	Ta	60	W	61	Re	62	Os	63	Ir	64	Pt	65	Au	66	Hg	67	Tl	68	Pb	69	Bi	70	Po	71	At	72	Rn
132.9054	137.327	138.9055	178.49	180.9479	183.84	186.207	190.23	192.217	195.078	196.9665	200.59	204.3833	208.9804	(209)	(210)	(222)																			
87	Fr	88	Ra	89	Ac†	90	Rf	91	Db	92	Sg	93	Bh	94	Hs	95	Mt	96	Ds	97	Rg	98	Uub	99	Uut	100	Uuq	101	Uup	102	Lv	103	Uus	104	Uuo
(223)	226.025	(227)	(257)	(260)	(263)	(266)	(269)	(271)	(272)	(285)	(288)	(292)																							

# From linear to circular economy: complexity management and modelling

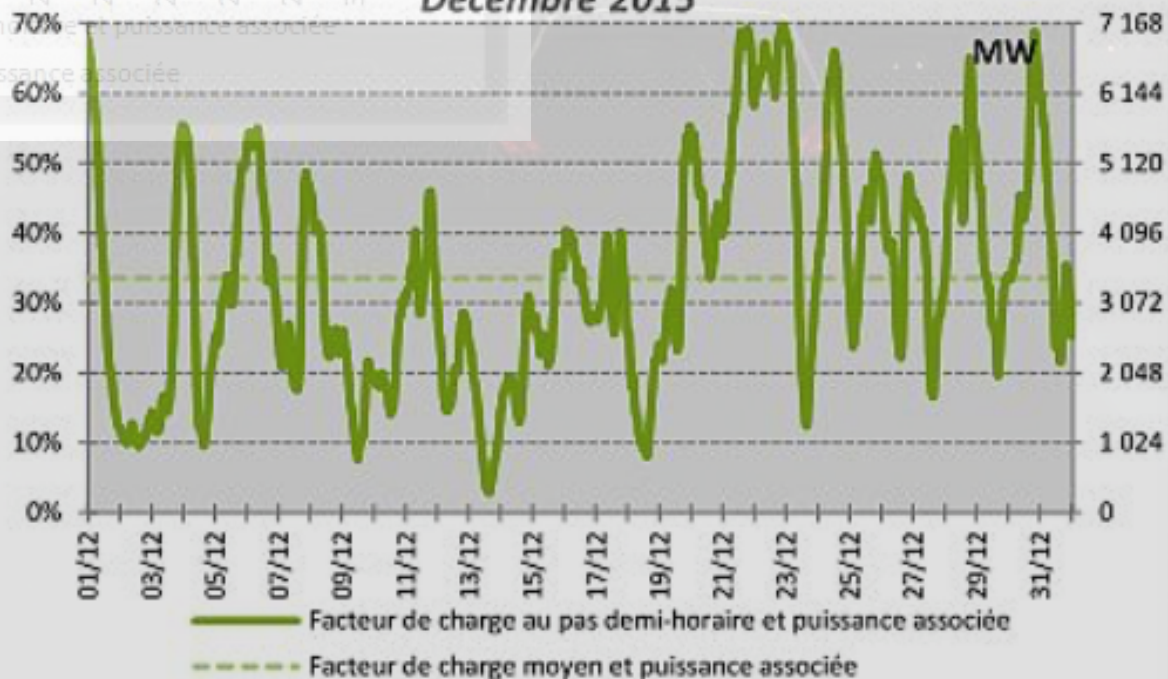
[dominique.luzeaux@polytechnique.org](mailto:dominique.luzeaux@polytechnique.org) | 5/11/2014

[http://www.mosim2014.org/sites/mosim2014.org/files/pdf/Pleni%C3%A8re\\_D.Luzeaux.pdf](http://www.mosim2014.org/sites/mosim2014.org/files/pdf/Pleni%C3%A8re_D.Luzeaux.pdf)

## Décembre 2014



## Facteur de charge de la production éolienne Décembre 2015

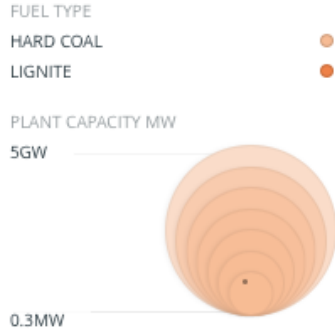


**Intermittence éolien :**  
source S. Huet,  
Blog Le Monde,  
« Notes acides sur la  
crise du jus (1) »

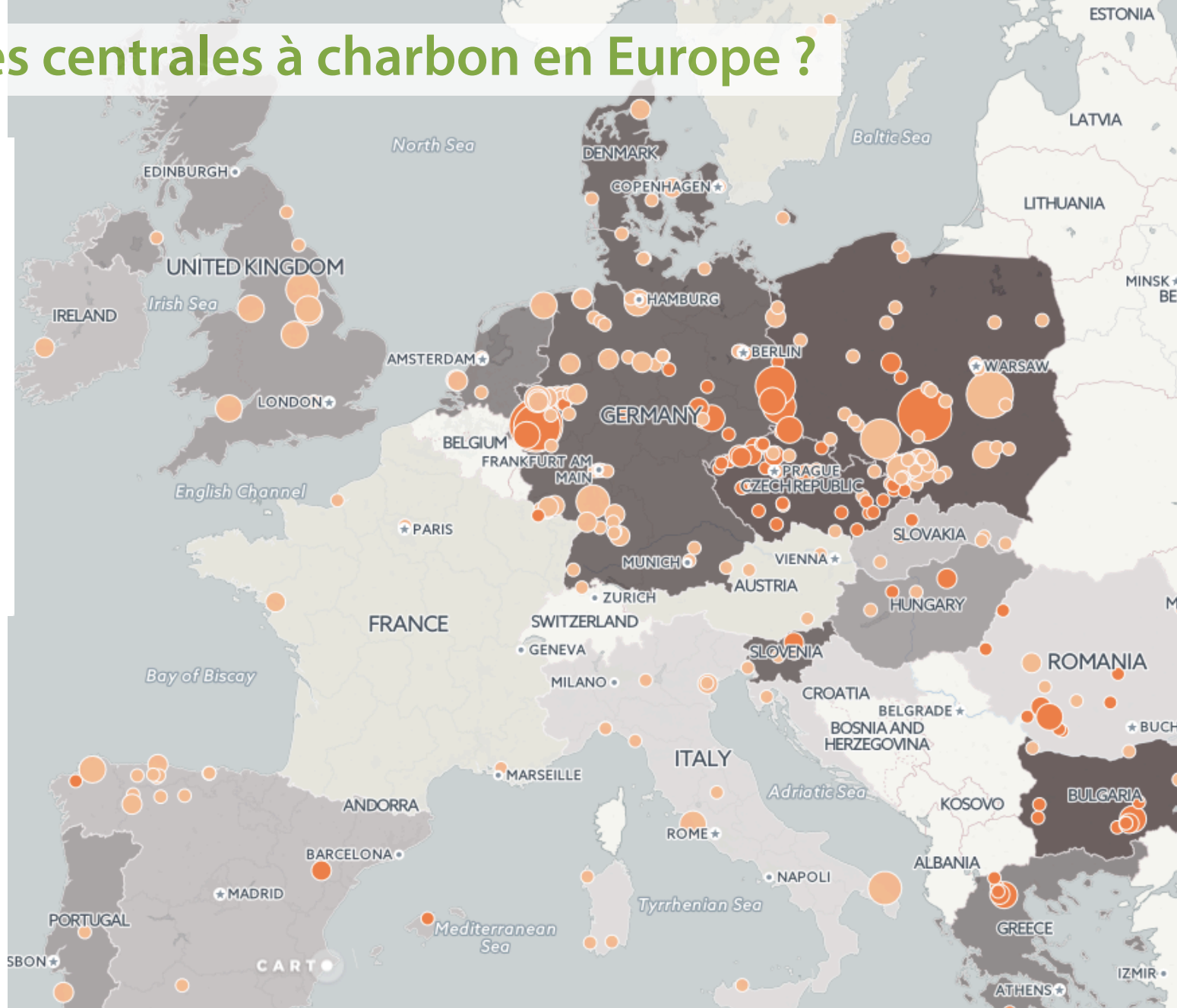


# Où sont les centrales à charbon en Europe ?

## Coal Power Plants in the EU



## Coal Consumption Per Capita



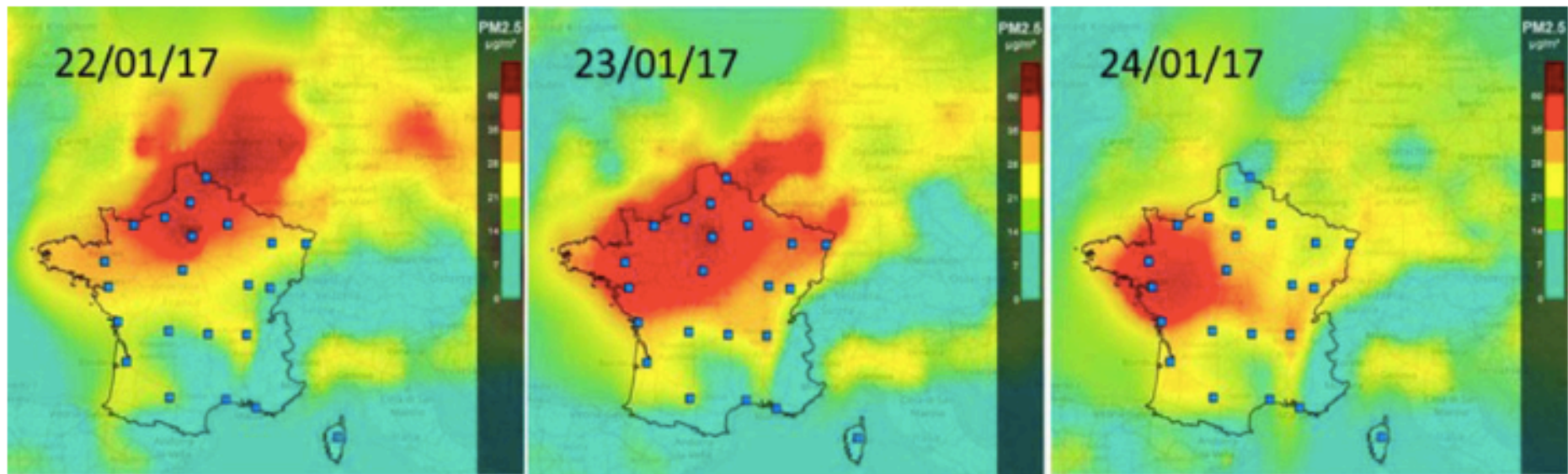
[https://climateanalytics.carto.com/builder/639b754a-dcd1-11e6-810c-0e98b61680bf/embed?utm\\_content=buffer06133&utm\\_medium=social&utm\\_source=twitter.com&utm\\_campaign=buffer](https://climateanalytics.carto.com/builder/639b754a-dcd1-11e6-810c-0e98b61680bf/embed?utm_content=buffer06133&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer)

La dépendance au charbon des autres pays européens nous concerne !

# Pics de pollution aux particules fines : les détecter et les prévenir

6 février 2017, 23:13 CET

Rappel : vague de froid, vents de secteur nord-est



Évolution des concentrations de PM<sub>2,5</sub> modélisées en janvier 2017 par Prevoir. Prevoir, CC BY-NC-ND

Source : Riffault, 2017

<https://theconversation.com/pics-de-pollution-aux-particules-fines-les-detecter-et-les-prevenir-72320>

# Détail par filière de la production d'électricité française pour la journée du :

Mercredi 18 janvier 2017

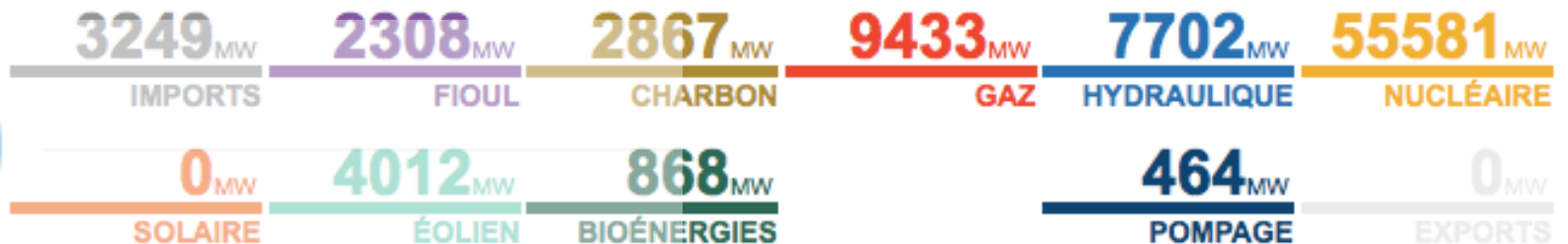
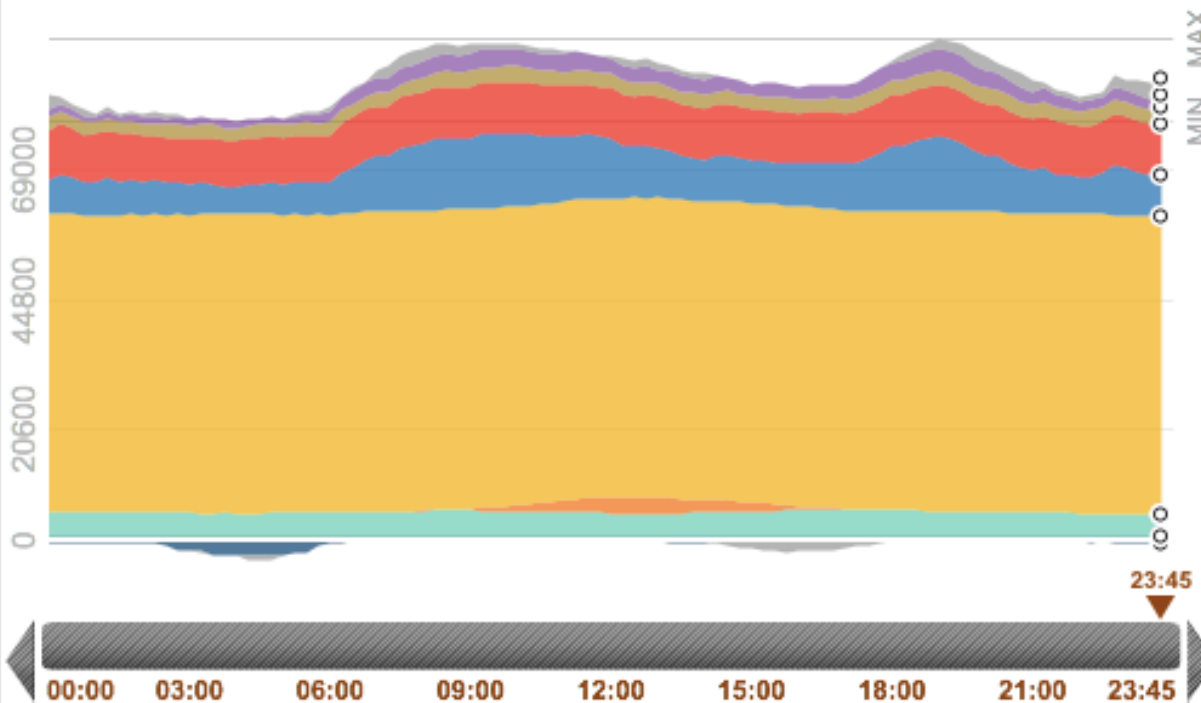


DONNÉES TEMPS RÉEL

MASQUER LA RÉPARTITION

MINIMUM

MAXIMUM



Bienvenue sur le site de RTE, Réseau de transport d'électricité

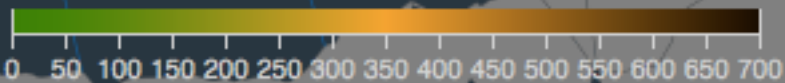
configurer réinitialiser

<http://www.rte-france.com/fr/eco2mix/eco2mix-mix-energetique>



20 janvier 2017 UTC+01:00  
08:21

Carbon intensity  
(gCO<sub>2</sub>eq/kWh)

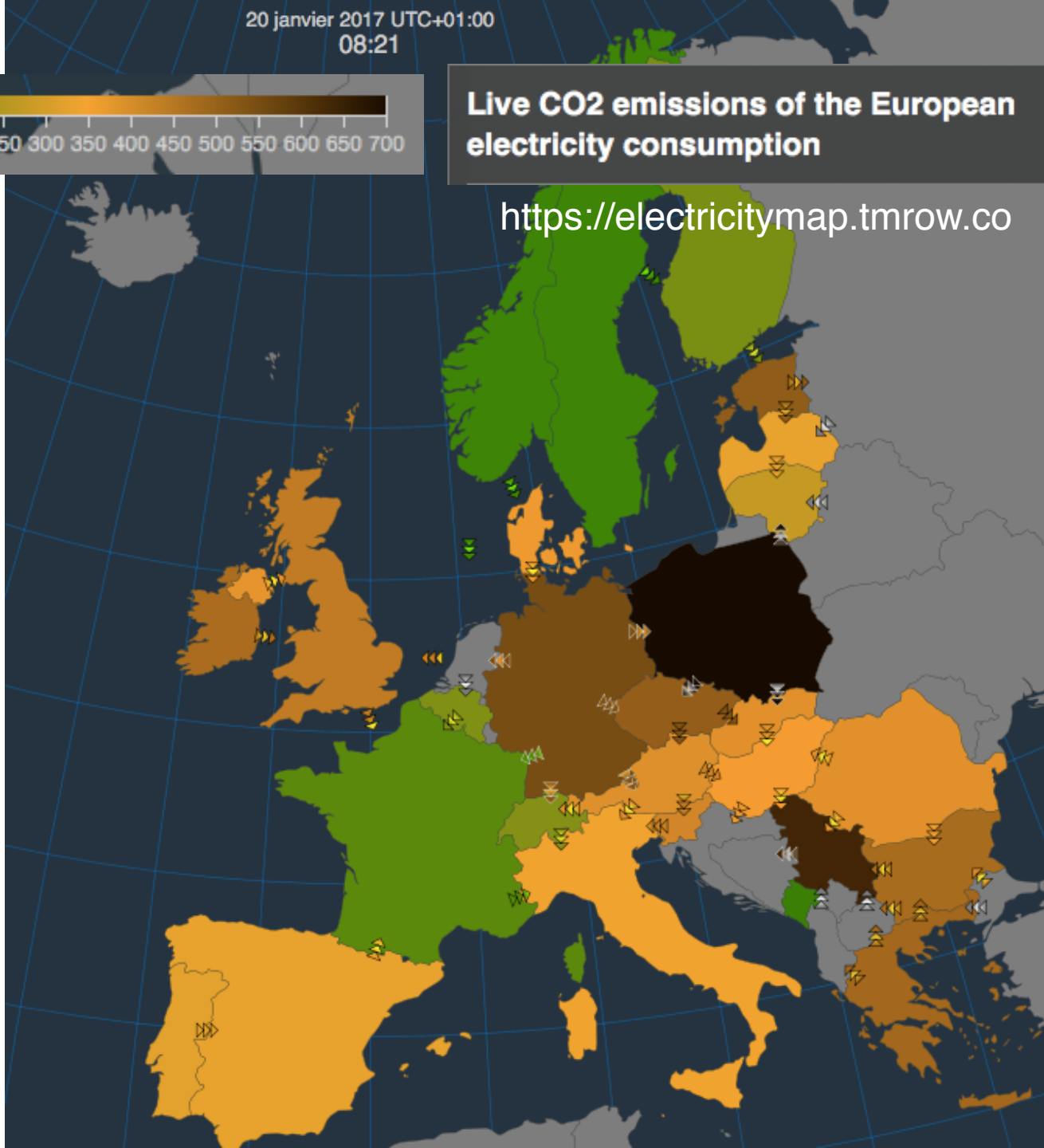


## Live CO<sub>2</sub> emissions of the European electricity consumption

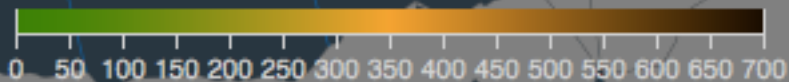
<https://electricitymap.tmrow.co>

gCO<sub>2</sub>éq/MWh  
(vendredi 20/1/2017, 8h31)

Norvège :	36
Suède :	59
France :	127
Suisse :	181
UK :	398
Allemagne :	547
Pologne :	732



Carbon intensity  
(gCO<sub>2</sub>eq/kWh)



## Live CO<sub>2</sub> emissions of the European electricity consumption

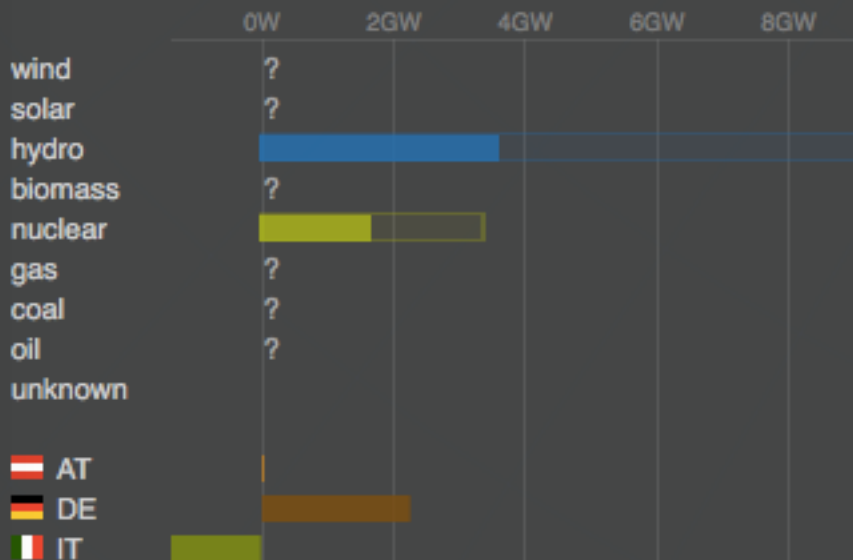
<https://electricitymap.tmrow.co>

## Live CO<sub>2</sub> emissions of the European electricity consumption

**+** CH (il y a 2 heures) [source]

Carbon intensity: ■ 181 gCO<sub>2</sub>eq/kWh

Electricity production (show emissions) by source:



Like the visualization? We would love to hear your feedback!

Found bugs or have ideas? Report them here.

This project is Open Source: contribute on GitHub.

gCO<sub>2</sub>éq/MWh

(vendredi 20/1/2017, 8h31)

Norvège : 36

Suède : 59

France : 127

Suisse : 181

UK : 398

Allemagne : 547

Pologne : 732



Association québécoise pour la Taxation des Transactions financières et pou

Accueil À propos Champs d'action Médias Publications Agenda S

Accueil > Publications > Bulletins > Pour changer le monde, décoloniser nos imaginaires > Le low tech, alternative à la fuite en avant technologique



Bulletin, décembre 2016

## Le low tech, alternative à la fuite en avant technologique

par Philippe Gauthier

### Le mythe de l'innovation

Les grandes éoliennes (3-5 MW) peuvent être regardées comme une « fuite en avant technologique »

**Le bois peut être regardé comme de l'énergie solaire stockée et flexible**







## **2** Travailler sur les formes sensibles du dialogue multi-partenaire :

- bois comme commodité
- source d'emploi & de cohésion sociale
- opportunité de développement territorial



# La bioéconomie va se substituer à tout notre univers technologique : le bois, propriétés & usages



comme matériau de construction :  
massif, reconstitué et fibres

comme bioénergies  
(Besançon Planoise)



comme emballage...  
et en chimie, alimentation,  
cosmétiques, pharmacie...



**Bioraffinerie  
Tembec Tartas**



Mieux valoriser nos forêts, créer de l'emploi diffus & non délocalisable en milieu rural

Faire le lien entre émotions, ancrage géographique-historique et modernité



Structure lamellé-collé :  
Simonin Frères  
(Montlebon, 25)



*Noyers/Serein (89), habitat 16ème siècle*



**4 à 5 siècles de stockage du C & valorisation des feuillus dans la construction**

**Inscrire le bois dans une continuité historique**  
**Donner du sens, de l'identité territoriale**



**Faire appel aux émotions, s'ancrer dans le temps & l'espace pour aborder en confiance l'inconnu (« catastrophes », « apocalypse »...)**

*Outines (10), église à pans de bois, 1512*

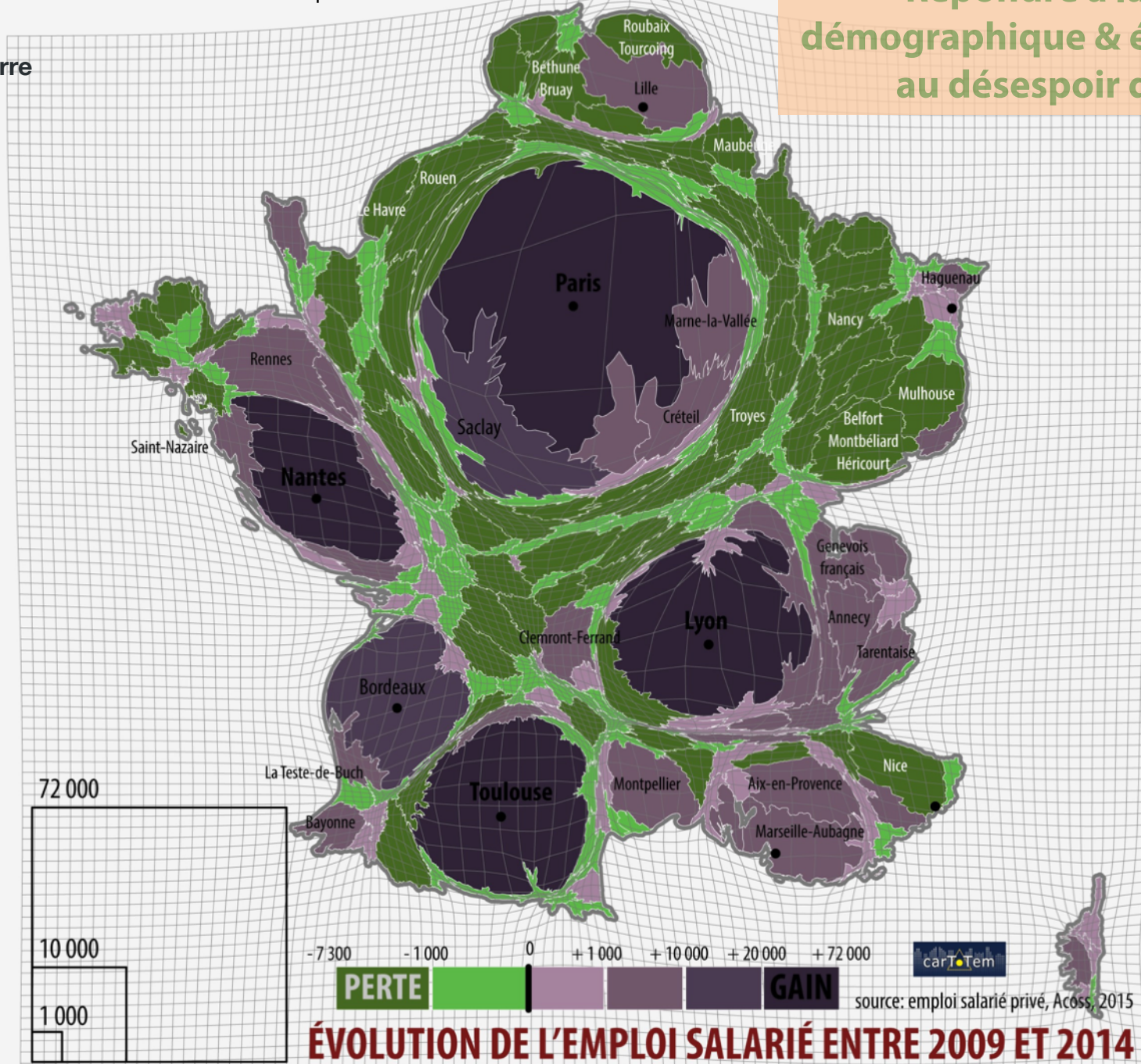


*Lannion (22), Maison du Chapelier, 16ème*



Répondre à la déshérence démographique & économique, au désespoir qu'elle induit

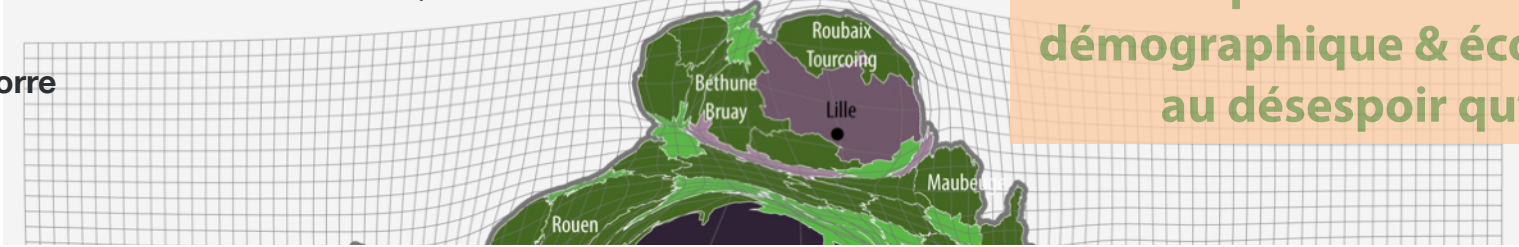
via  
**André Torre**  
@TorreAndr



<http://www.cartotem.fr/emploi-et-le-territoire/>

Répondre à la déshérence démographique & économique, au désespoir qu'elle induit

via  
André Torre  
@TorreAndr



**FORINVEST BA**  
@FORINVESTBA



Abonné

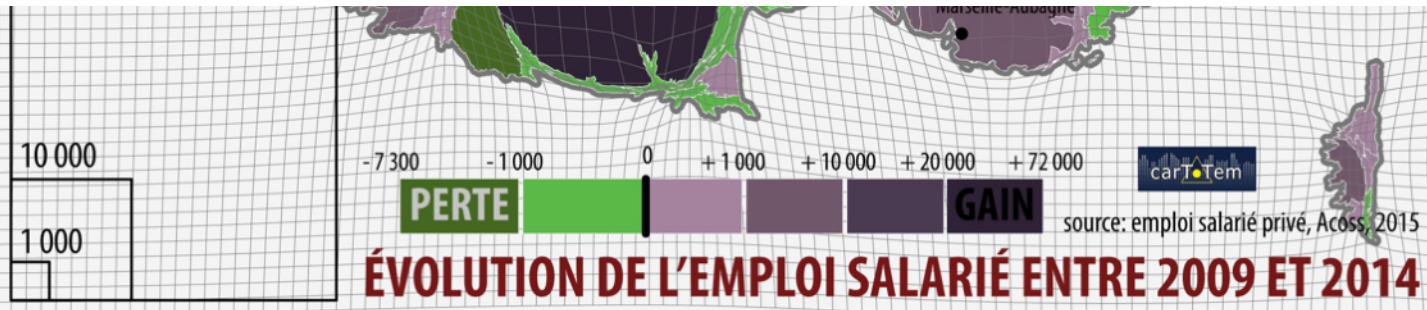
1/4 des entreprises de la filière bois de 1ère transformation n'ont pas de successeurs : Comment faire? #AG @FNBois

RETWEETS

3



11:34 - 15 déc. 2016







**3**

**Que recouvrent (perceptions, réactions, représentations) les ≠ options de transformation ?  
[voies de diversification sous incertitude, pour rechercher performance et flexibilité]**





**Changer de ressources génétiques :  
introduire des espèces thermophiles**

**Performance des Eucalyptus  
sous forte contrainte sécheresse  
(arboretum d'élimination de Caneiret, Estérel)**



**Changer de ressources génétiques :  
introduire des espèces thermophiles**

**Réactions épidermiques : l'Eucalyptus, présenté  
≈ comme Attila (sous lui, rien ne pousse)...**

**Performance des Eucalyptus  
sous forte contrainte sécheresse  
(arboretum d'élimination de Caneiret, Estérel)**





## ■ Prospective : installation possible du douglas sur calcaire ?



- Enquête : + de 193 peuplements en Bourgogne, Champagne-Ardennes et Franche Comté
- Sources : aménagements et coupes
- Description de peuplements et références climatiques
- Variables de jugement : état sanitaire et productivité




*Douglas sur calcaire en forêt privée (Doubs) - Photo ONF-RDI Dole*



*Douglas et mélèze sur calcaire (Ain) - Photo ONF-RDI Dole*





## ■ Prospective : installation possible du douglas sur calcaire ?



- Enquête : + de 193 peuplements en Bourgogne, Champagne-Ardennes et Franche Comté
- Sources : aménagements et coupes
- Description de peuplements et références climatiques
- Variables de jugement : état sanitaire et productivité

« Le douglas, une espèce exotique qui détruit la biodiversité & les sols - Arrachons-le ! »




*Douglas sur calcaire en forêt privée (Doubs) - Photo ONF-RDI Dole*



*Douglas et mélèze sur calcaire (Ain) - Photo ONF-RDI Dole*





## ■ Prospective : installation possible du douglas sur calcaire ?



- Enquête : + de 193 peuplements en Bourgogne, Champagne-Ardennes et Franche Comté
- Sources : aménagements et coupes
- Description de peuplements et références climatiques
- Variables de jugement : état sanitaire et productivité




« Le douglas, une espèce exotique qui détruit la biodiversité & les sols - Arrachons-le ! »



« Les planteurs-fous qui veulent enrésiner le pays, on a vu ce qu'a donné le FFN ! »

*Douglas sur calcaire en forêt privée (Doubs) - Photo ONF-RDI Dole*



*Douglas et mélèze sur calcaire (Ain)*

*- Photo ONF-RDI Dole*





**Changer de système de production :  
futaie résineuse rapide, TCR, mélange futaie-taillis**

**Améliorer les flux de carbone / hectare :  
créer et utiliser des variétés améliorées  
(la productivité n'est plus secondaire)**

**Test de clones de peuplier  
pour TCR**

**Source : INRA-Orléans (Bastien & Bodineau, 2015)**





**Changer de système de production :  
futaie résineuse rapide, TCR, mélange futaie-taillis**

**Améliorer les flux de carbone / hectare :  
créer et utiliser des variétés améliorées  
(la productivité n'est plus secondaire)**

**« De toute façon, le TCR n'est pas rentable... »**

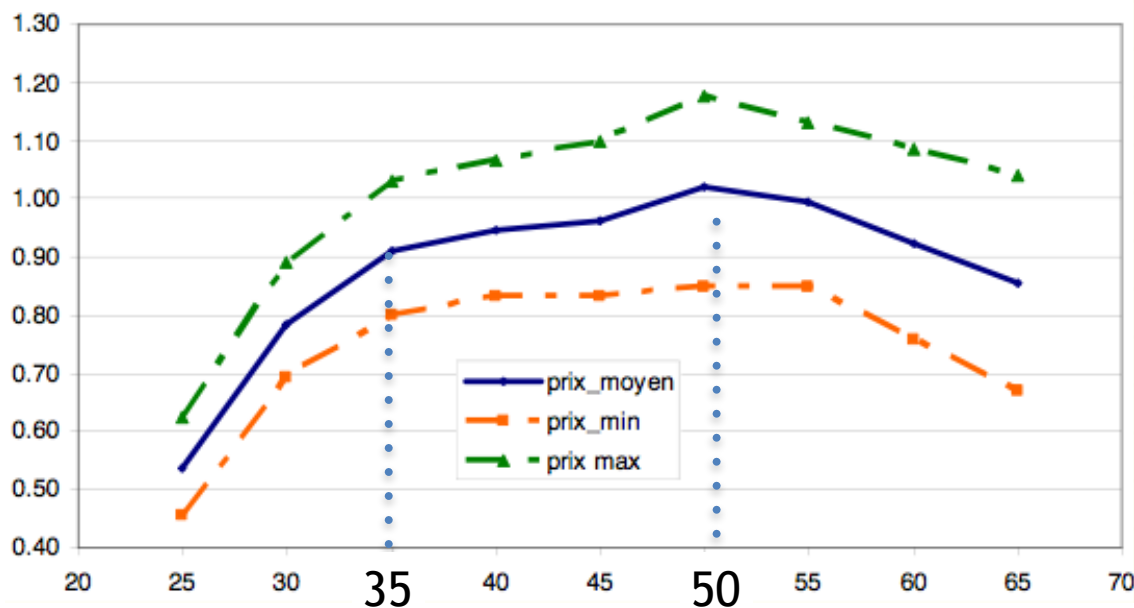
**Test de clones de peuplier  
pour TCR**

**Source : INRA-Orléans (Bastien & Bodineau, 2015)**



# Exemple de co-adaptation forêt-industries : raccourcir les révolutions

Prix de vente/m<sup>3</sup> (unités relatives)



Sapin-Épicéa - Vosges  
moyenne (sept. 2009-sept. 2010)

Source : ONF  
(Gamblin, 21/3/2011)

Diamètre (cm)

90%  
du Max

Max

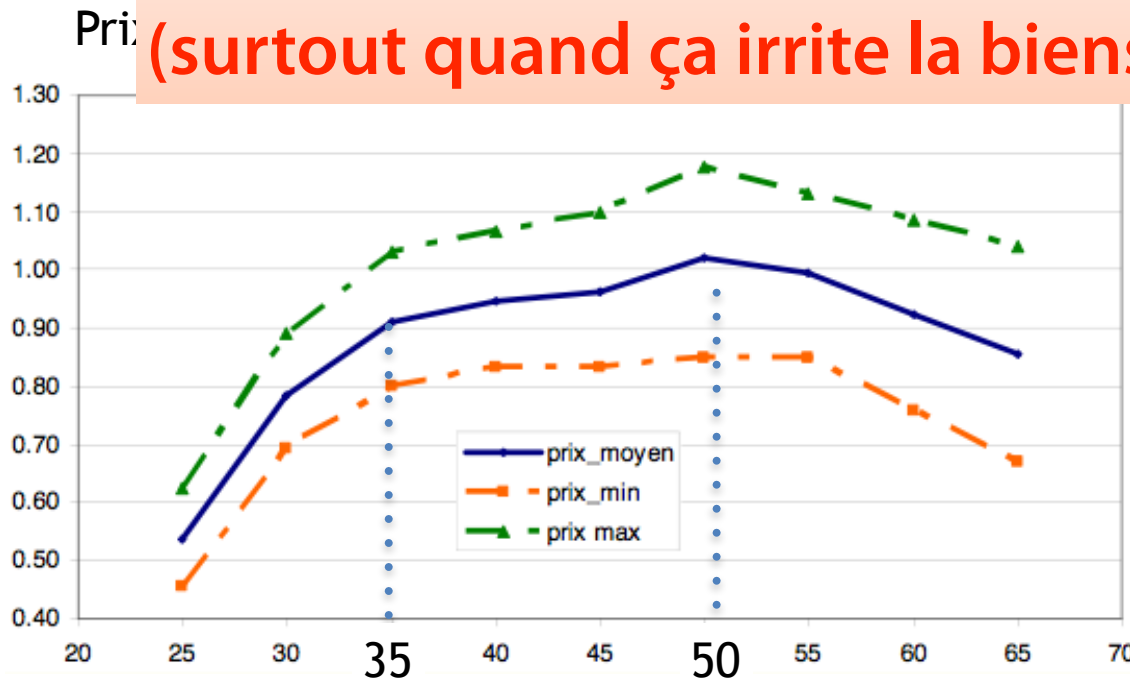
*Opportunité de révolutions + courtes :*

- ▶ *réduire les risques abiotiques*
- ▶ *offre + proche de la demande industrielle*
- ▶ *augmenter les flux et la flexibilité*



# Exemple de co-adaptation forêt-industries : racc

« Modélisateurs, ne vous contentez pas de créer des outils, faites parfois les calculs (surtout quand ça irrite la bienséance) »



Sapin-Épicéa - Vosges  
moyenne (sept. 2009-sept. 2010)

Source : ONF  
(Gamblin, 21/3/2011)

Diamètre (cm)

90%  
du Max

*Opportunité de révolutions + courtes :*

- ▶ réduire les risques abiotiques
- ▶ offre + proche de la demande industrielle
- ▶ augmenter les flux et la flexibilité

# Chez nos voisins : les amendements, pratique & indicateur écologique de gestion durable

## Objectifs stratégiques du ForstBW, Dimension Écologique

Source : Martin Strittmatter (Directeur forestier du Land Bade-Wurtemberg), 7 mars 2011 (colloque ONF)

Objectif	Indicateur	Valeur 2009	Cible 2020
<b>Récolte durable</b> Le potentiel de récolte durable est celui fixé par les aménagements forestiers	Rapport entre récolte constatée et le potentiel	1,0	1,0
<b>Une sylviculture proche de la nature</b> Ce concept est basé sur les connaissances scientifiques actuelles concernant le changement climatique et sur la prise en compte des exigences sociétales	Mélanges d'essences naturels ou proches du naturel (classification de l'inventaire forestier) en % de la surface	55 %	57 %
	% de la surface où la régénération est proche du « potentiel » naturel Régénération naturelle ou assistée en % de la surface	68 %	70 %
<b>Protection du sol</b> Maintien sur le long terme de toutes les fonctionnalités du sol	Amendement calcaire (ha/an)	4.511 ha	4.800 ha
<b>Biodiversité</b> La diversité des habitats et des espèces associées est garantie	Îlots de sénescence, réserves biologiques, réserves forestières et zones centrales des réserves de biosphère	9.303 ha	24.500 ha
<b>Équilibre forêt-gibier</b> Le niveau des populations de gibier ne compromettent pas la régénération naturelle	% des territoires de chasse dans lesquels la régénération naturelle est impossible sans protection	Sapin: 7 % Chêne: 16 %	Sapin: 2 % Chêne: 10 %
<b>Protection du climat</b> La gestion forestière contribue à la protection du climat	Bilan Carbone	À calculer	A déterminer à partir de la valeur initiale
<b>Une production précautionneuse de l'environnement</b> Des moyens et des procédés de production précautionneux de l'environnement sont mis en oeuvre et développés	Dégâts aux peuplements [%]	17 %	< 17 %



# Chez nos voisins : les amendements, pratique & indicateur écologique de gestion durable

## Objectifs stratégiques du ForstBW, Dimension Écologique

« C'est bien d'avoir des batteries d'indicateurs pesant 250 pages, c'est mieux de cibler son action sur qq cibles à atteindre »

		Valeur 2009	Cible 2020
	Régénération naturelle ou assistée en % de la surface	1,0	1,0
		55 %	57 %
		68 %	70 %
<b>Protection du sol</b> Maintien sur le long terme de toutes les fonctionnalités du sol	Amendement calcaire (ha/an)	4.511 ha	4.800 ha
<b>Biodiversité</b> La diversité des habitats et des espèces associées est garantie	Îlots de sénescence, réserves biologiques, réserves forestières et zones centrales des réserves de biosphère	9.303 ha	24.500 ha
<b>Équilibre forêt-gibier</b> Le niveau des populations de gibier ne compromettent pas la régénération naturelle	% des territoires de chasse dans lesquels la régénération naturelle est impossible sans protection	Sapin: 7 % Chêne: 16 %	Sapin: 2 % Chêne: 10 %
<b>Protection du climat</b> La gestion forestière contribue à la protection du climat	Bilan Carbone	À calculer	A déterminer à partir de la valeur initiale
<b>Une production précautionneuse de l'environnement</b> Des moyens et des procédés de production précautionneux de l'environnement sont mis en oeuvre et développés	Dégâts aux peuplements [%]	17 %	< 17 %

# Formaliser la planification et la gestion multi-échelle

Poplar (high forest)  
SRC Poplar  
Mix (HF-SRC)

Fast-growing conifers :  
Douglas fir, hybrid larch

Multi-purpose,  
« mainstream »  
management

National parks,  
natural reserves,  
recreation areas

Specialization :  
products

Improve resilience  
through :

Natural regeneration

Land use planning, forest policy : specialize functions in space,  
e.g. « Triad » (USA, UK)

Very short  
cycle

Standard  
rotation

Plant other  
Oak prov.

Plant other  
Oak spec.

Plant exotic  
spec.

...genetic  
res. mgt

Example : diversify regeneration options in Oak management

Very short  
cycle

Standard  
rotation

Delayed  
harvesting

Natural  
reserve

...prevent  
abiotic  
damages

Example : diversify rotation ages in Beech management



# Formaliser la planification des aménagements, méta-aménagements & planification de l'usage des sols pour réussir l'insertion des plantations

Poplar (high f...  
SRC Poplar  
Mix (HF-SRC)

Multi-purpose,  
« mainstream »  
management

National parks,  
natural reserves,  
recreation areas

Fast-growing conifers :  
Douglas fir, hybrid larch

Specialization :  
products

Land use planning, forest policy : specialize functions in space,  
e.g. « Triad » (USA, UK)

Natural regeneration

Very short  
cycle

Standard  
rotation

Plant other  
Oak prov.

Plant other  
Oak spec.

Plant exotic  
spec.

Example : diversify regeneration options in Oak management

Very short  
cycle

Standard  
rotation

Delayed  
harvesting

Natural  
reserve

Example : diversify rotation ages in Beech management

Improve resilience  
through :

...genetic  
res. mgt

...prevent  
abiotic  
damages

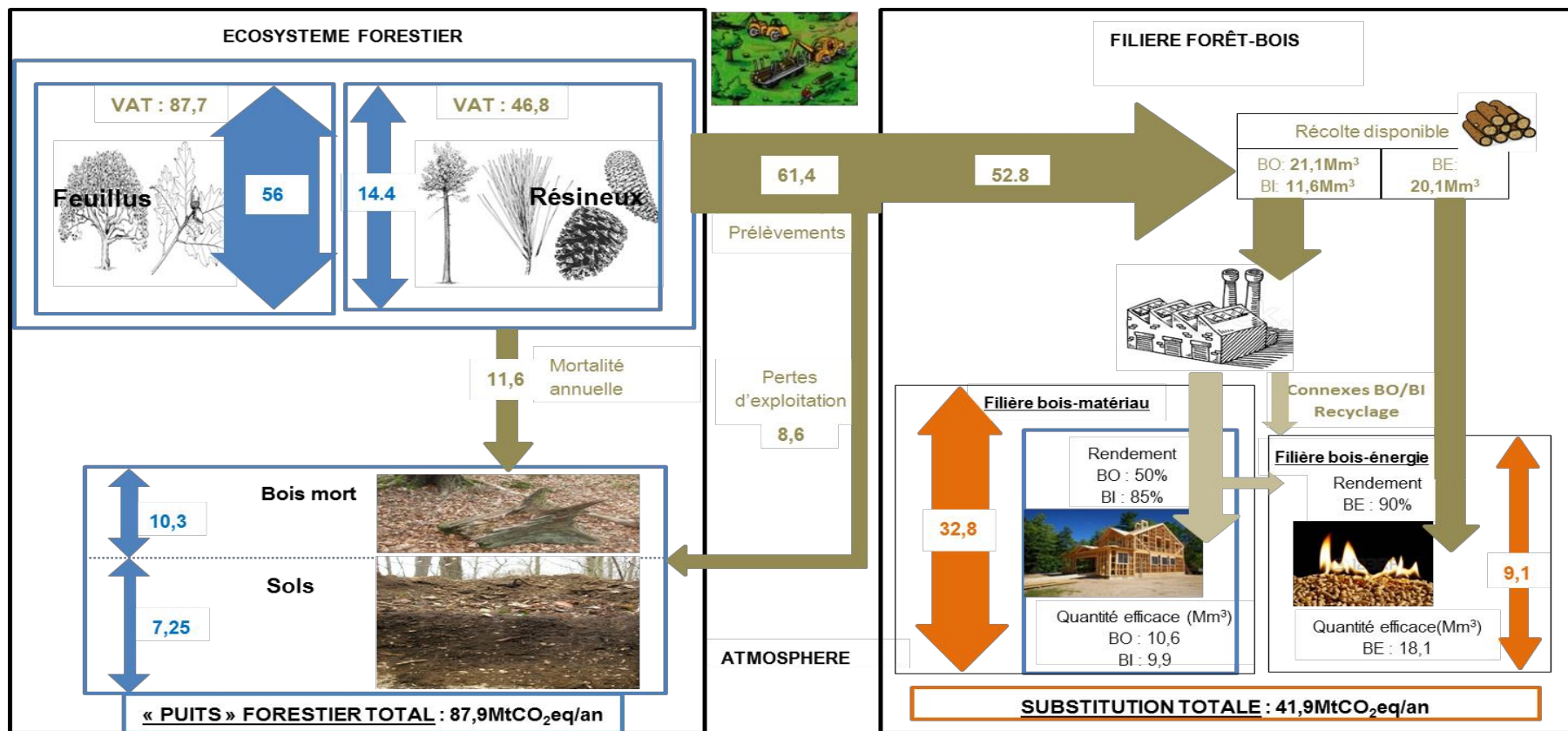
# Leviers forestiers en termes d'atténuation pour lutter contre le changement climatique aux horizons 2020, 2030, 2050



ÉTUDE | CHANGEMENT CLIMATIQUE | FORÊT  
08/09/2016



Partager

Étude réalisée par l'INRA (DEPE) - Financement : Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

**Figure 1 – Flux de matière et de CO<sub>2</sub> aux différents stades de la filière forêt-bois française en 2013**  
(VAT=Volume aérien total, BO=Bois d'œuvre, BI=Bois d'industrie, BE=Bois énergie)



 Effet de substitution (MtCO<sub>2</sub>eq évités/an) SUBSTITUTION  
 Variation des stocks de carbone dans l'écosystème forestier (MtCO<sub>2</sub>eq/an) STOCKAGE

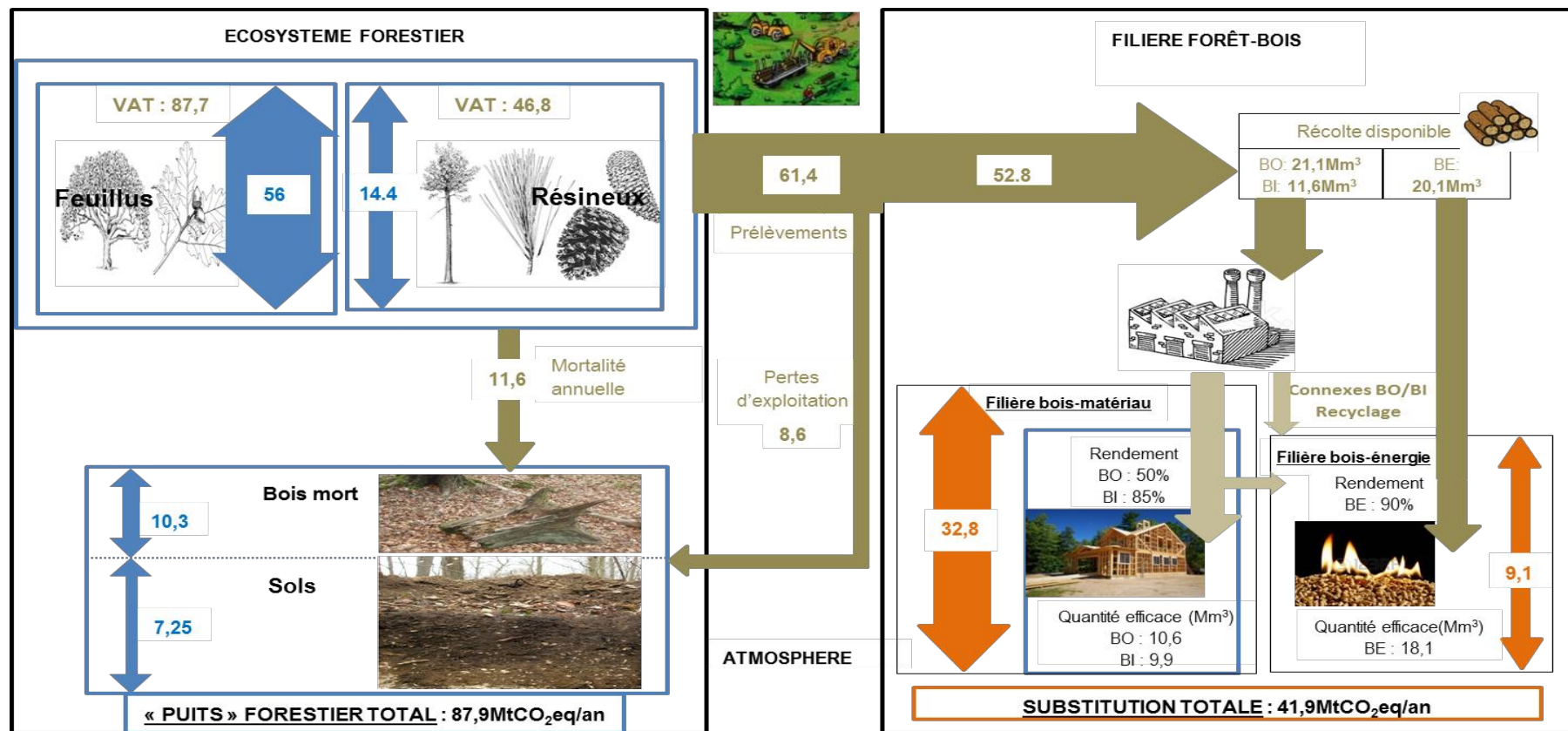
 Bois provenant de la forêt (Mm<sup>3</sup>/an)  
 Bois provenant de l'industrie ou produits en fin de vie (Mm<sup>3</sup>/an)



\* La variation de stock de carbone dans les produits bois a été estimée à 0 et -0,1 MtCO<sub>2</sub>eq/an pour BO et BI respectivement et n'apparaît donc pas dans les flux de CO<sub>2</sub> de la filière en 2013.





# Rendre lisible, pour les profanes, la complexité des systèmes forestiers

Figure 1 – Flux de matière et de CO<sub>2</sub> aux différents stades de la filière forêt-bois française en 2013  
(VAT=Volume aérien total, BO=Bois d'œuvre, BI=Bois d'industrie, BE=Bois énergie)



-  Effet de substitution (MtCO<sub>2</sub>eq évités/an) SUBSTITUTION
-  Variation des stocks de carbone dans l'écosystème forestier (MtCO<sub>2</sub>eq/an) STOCKAGE

-  Bois provenant de la forêt (Mm<sup>3</sup>/an)
-  Bois provenant de l'industrie ou produits en fin de vie (Mm<sup>3</sup>/an)

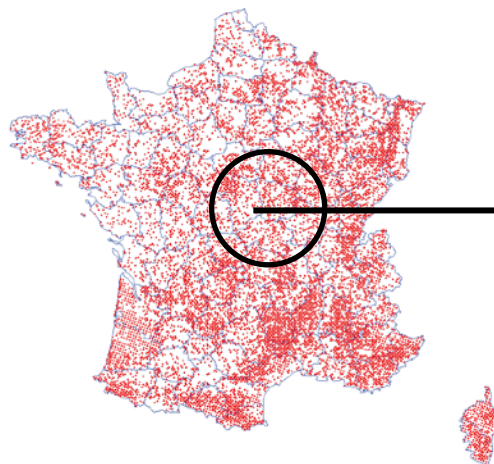
\* La variation de stock de carbone dans les produits bois a été estimée à 0 et -0,1 MtCO<sub>2</sub>eq/an pour BO et BI respectivement et n'apparaît donc pas dans les flux de CO<sub>2</sub> de la filière en 2013.

# Inventaire multisource

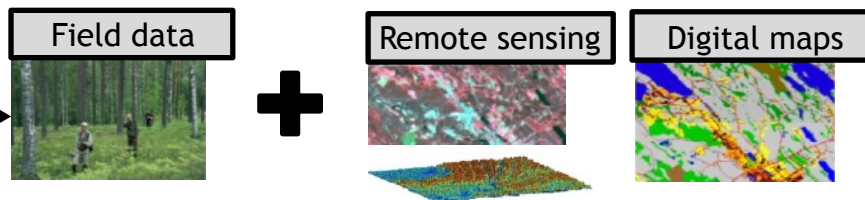
Descente d'échelle des résultats d'inventaire à partir de données terrain et auxiliaires

Concept

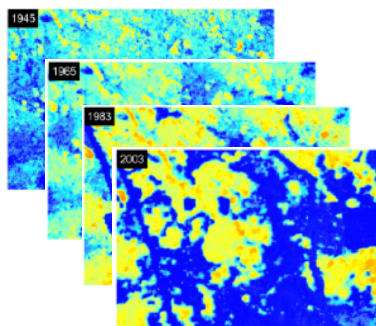
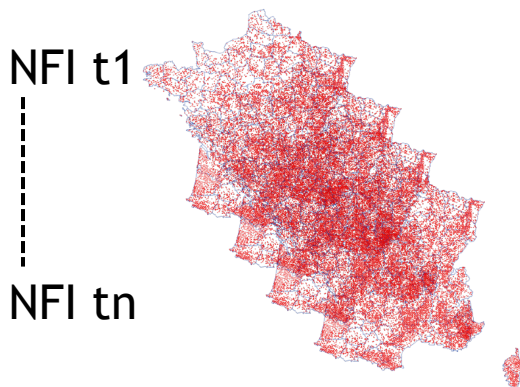
Améliorer la précision sur des petites surfaces



Environnement de modélisation



Mise à jour : intégration temporelle



Mise à jour  
Accès aux dynamiques

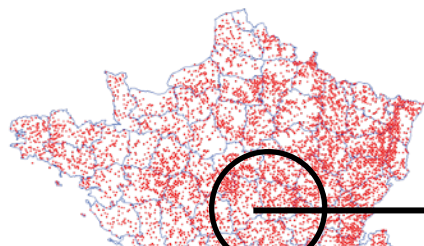


# Inventaire multisource

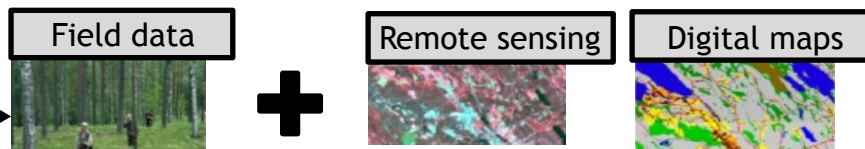
Descente d'échelle des résultats d'inventaire à partir de données terrain et auxiliaires

Concept

Améliorer la précision sur des petites surfaces

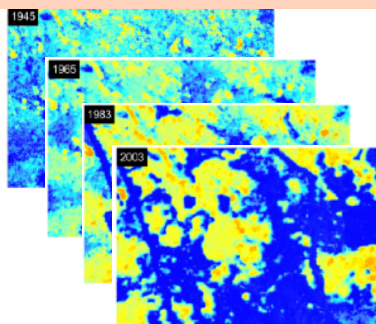
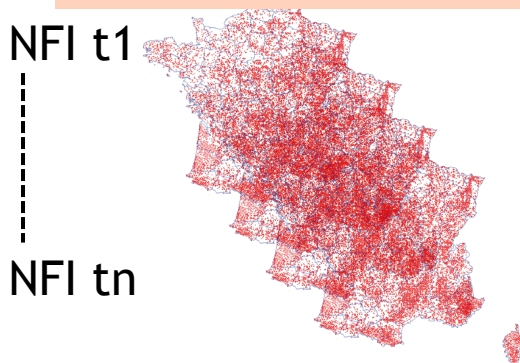


Environnement de modélisation



**Valoriser rapidement les capacités émergentes d'inventaires standardisés pour que les forestiers puissent se concentrer sur le *problem-solving* (pas sur les données) !**

Mise à



Mise à jour  
Accès aux dynamiques

**Question: Spatial Resolution ?**

Global climate models (GCM)

250 X 250 km, 50 X 50 km

Downscaling

(« regionalisation ») :

10 x 10 km

8 x 8 km

Local decision :

1 forest, each stand

Forest planning

choice of target-species

... need a **resolution < 1 km !**

Site Conditions

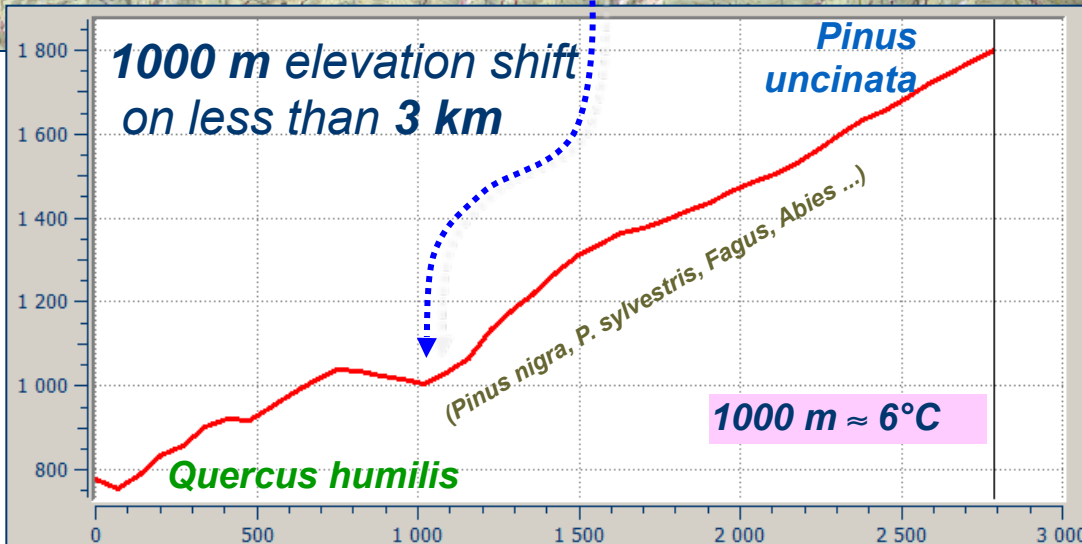
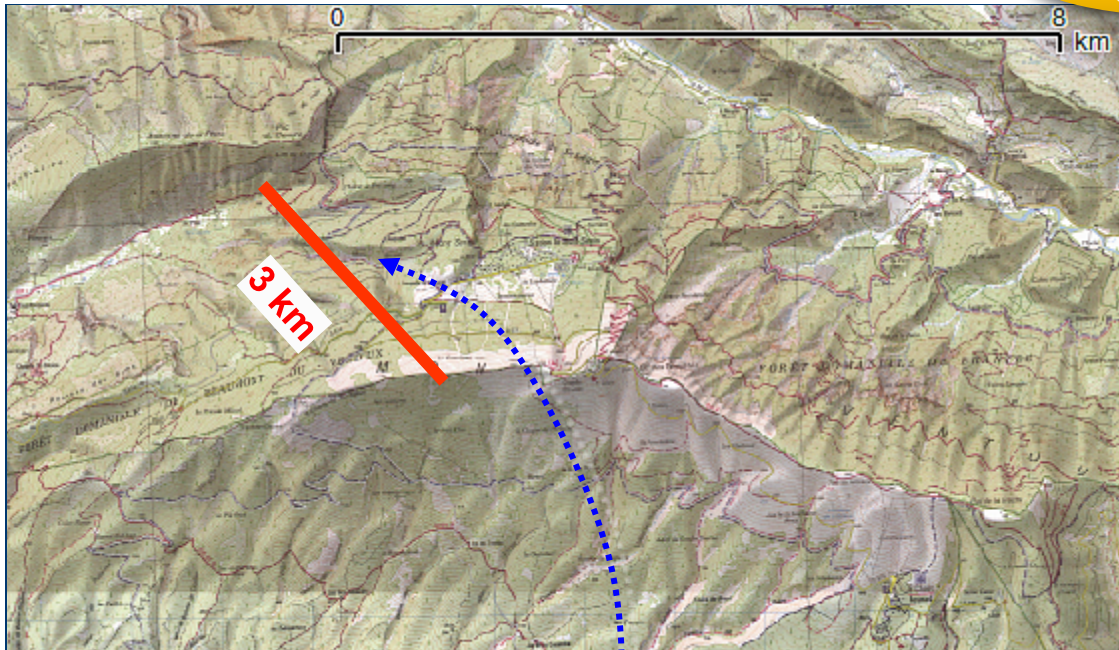
=

Climate

x Soil

x Topography

interactions





Question: Spatial Resolution ?

Global climate models (GCM)

250 X 250 km, 50 X 50 km

Downscaling

(« regionalisation ») :

10 x 10 km

8 x 8 km

Faire soi-même quand les autres ne veulent pas rendre le service (exemple des services climatiques)

Forest planning  
choice of target-species

... need a resolution < 1 km !

Site Conditions

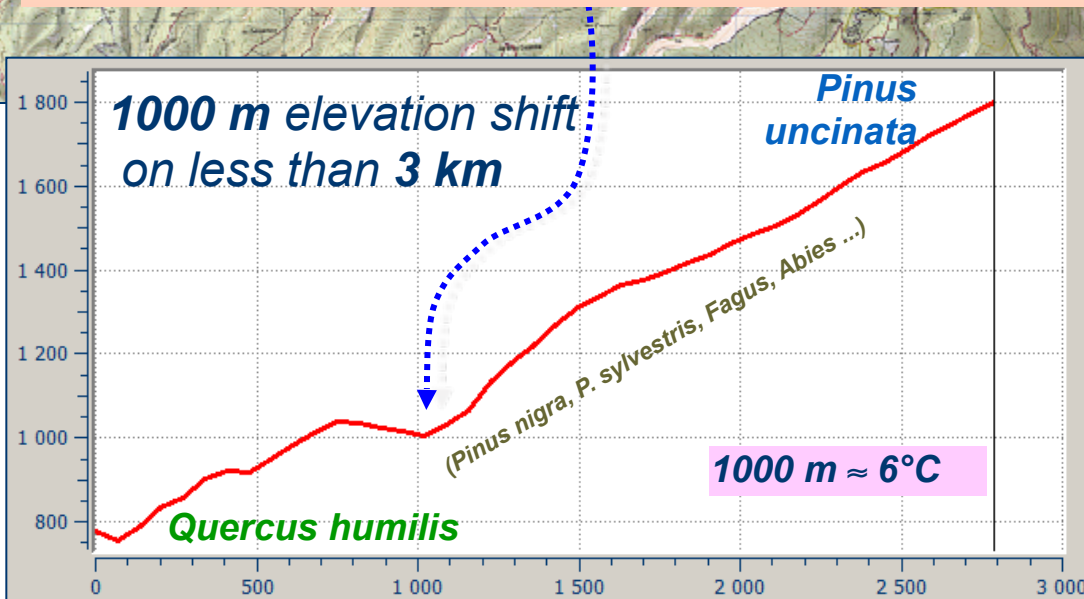
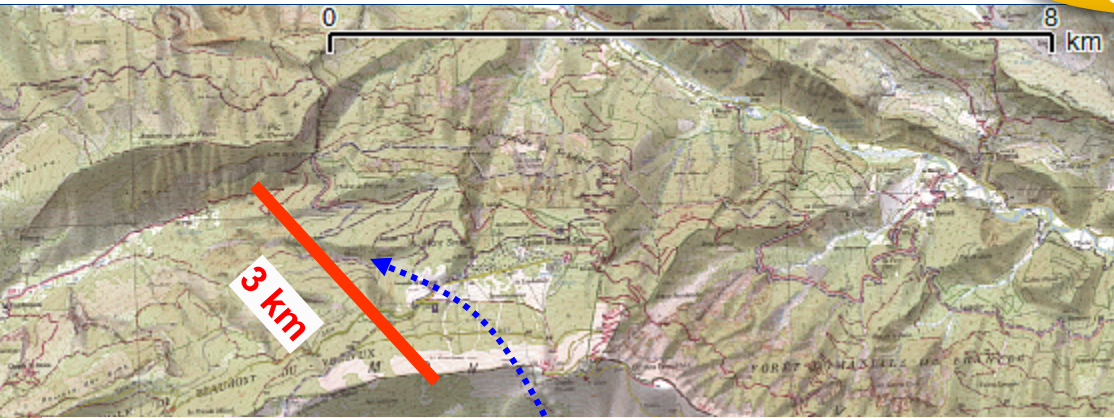
=

Climate

x Soil

x Topography

interactions



EMERGING NEEDS, EXPECTED USE OF MODELS

Adaptive Management

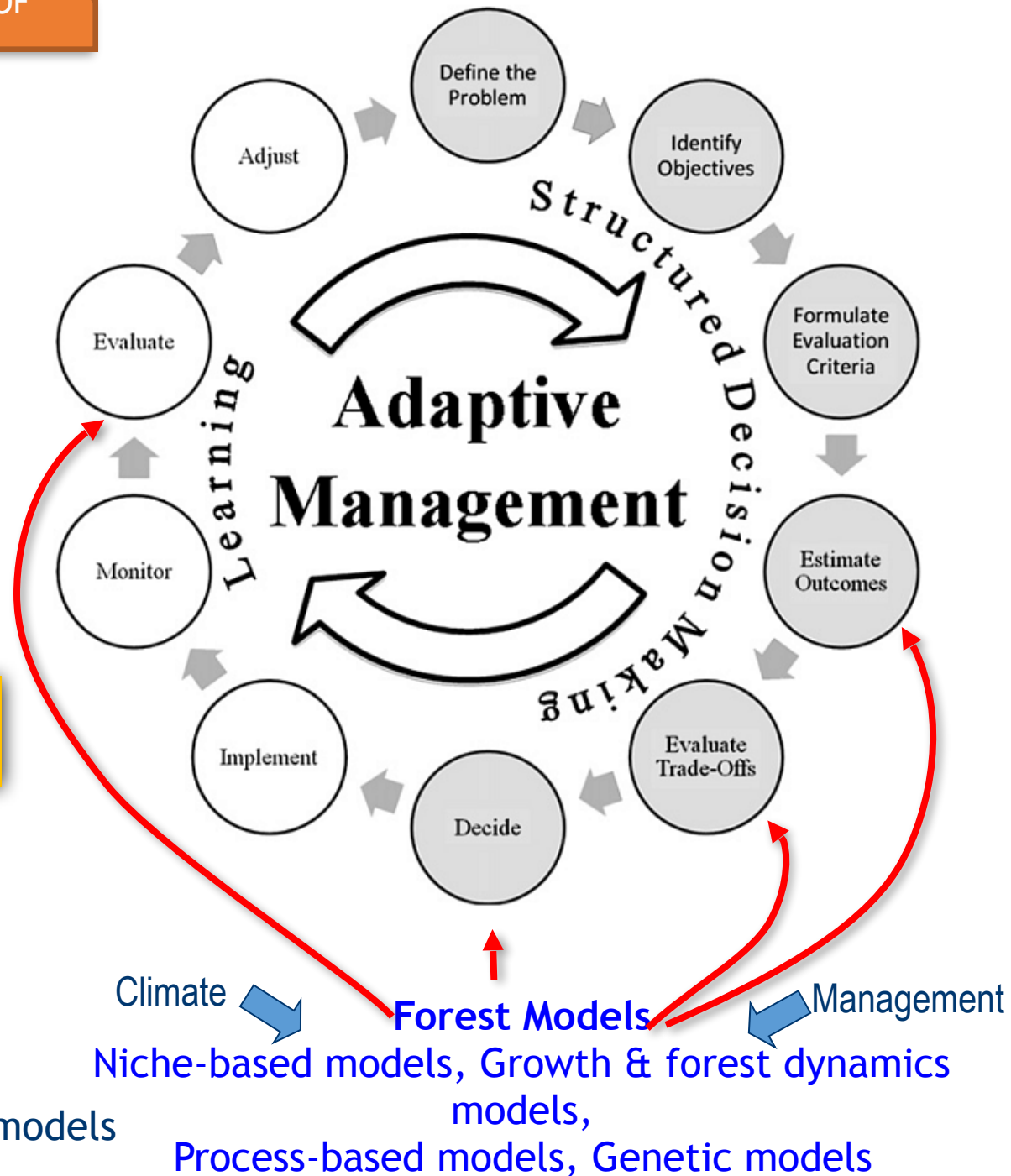
Allen, C. R., Fontaine, J. J., Pope, K. L., & Garmestani, A. S. (2011). Adaptive management for a turbulent future. Journal of Environmental Management, 92, 1339-1345.

permanent Learning + adapted Decision-making

... with a NEW WAY to use Models ...

Cordonnier, T. & Gosselin F., 2013. Can adaptive management help us in adapting forests to climate change? Académie d'Agriculture de France, 9 octobre 2013

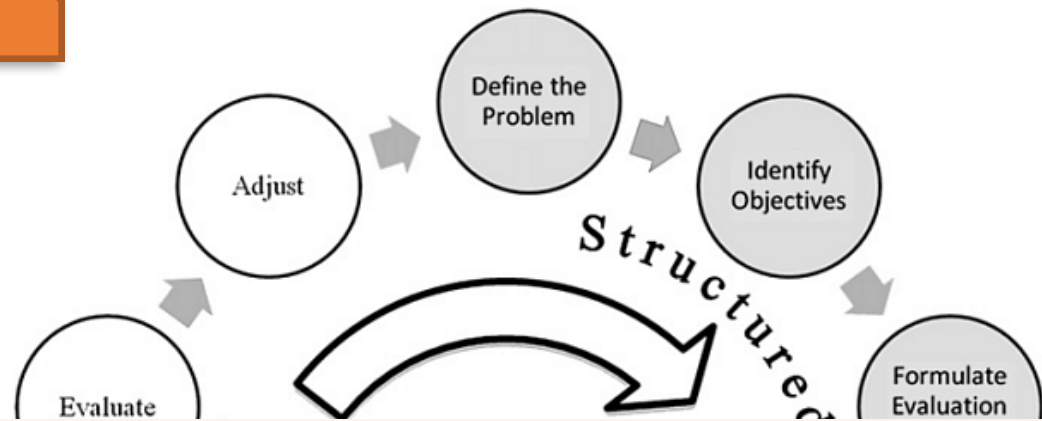
+ continuing to improve models





## Adaptive Management

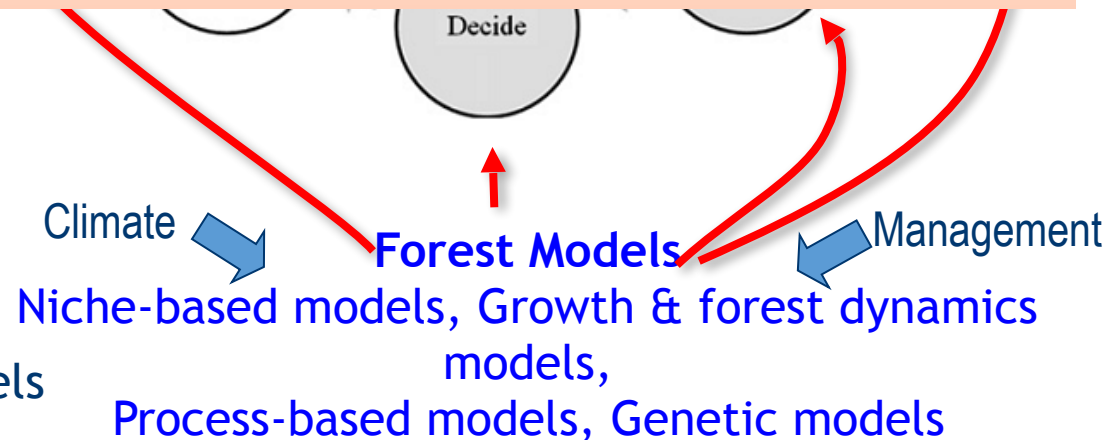
...  
Allen, C. R., Fontaine, J. J., Pope, K. L., & Garmestani, A. S. (2011). Adaptive management for a turbulent future. *Journal of Environmental Management*, 92,



**La gestion adaptative, ce n'est pas le prétexte pour co-gérer avec les ONG...**

**c'est une démarche d'apprentissage où on commence à transformer tout de suite, de manière transparente : on ne négocie pas les modalités avec les parties prenantes**

Cordonnier, T. & Gosselin F., 2013. Can adaptive management help us in adapting forests to climate change? *Académie d'Agriculture de France*, 9 octobre 2013



+ continuing to improve models



# 6 Conclusions

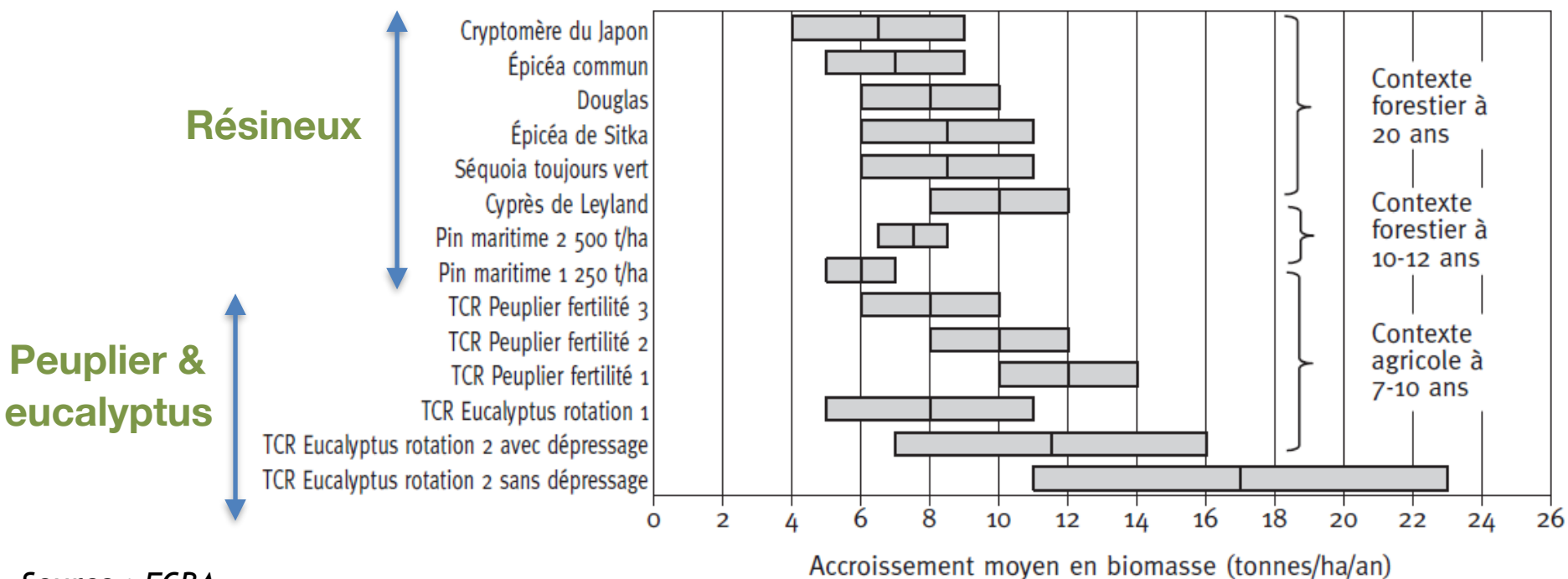




# Niveaux de productivité en sylviculture innovante à courte révolution (projet Oseo-Futurol)

FIGURE 13

ACCROISSEMENT MOYEN EN BIOMASSE TOTALE (en tonnes/ha/an) POUR LES DIFFÉRENTES ESSENCES



Source : FCBA  
(Berthelot et al., 2014)

Rev. For. Fr. LXVI - 5-2014

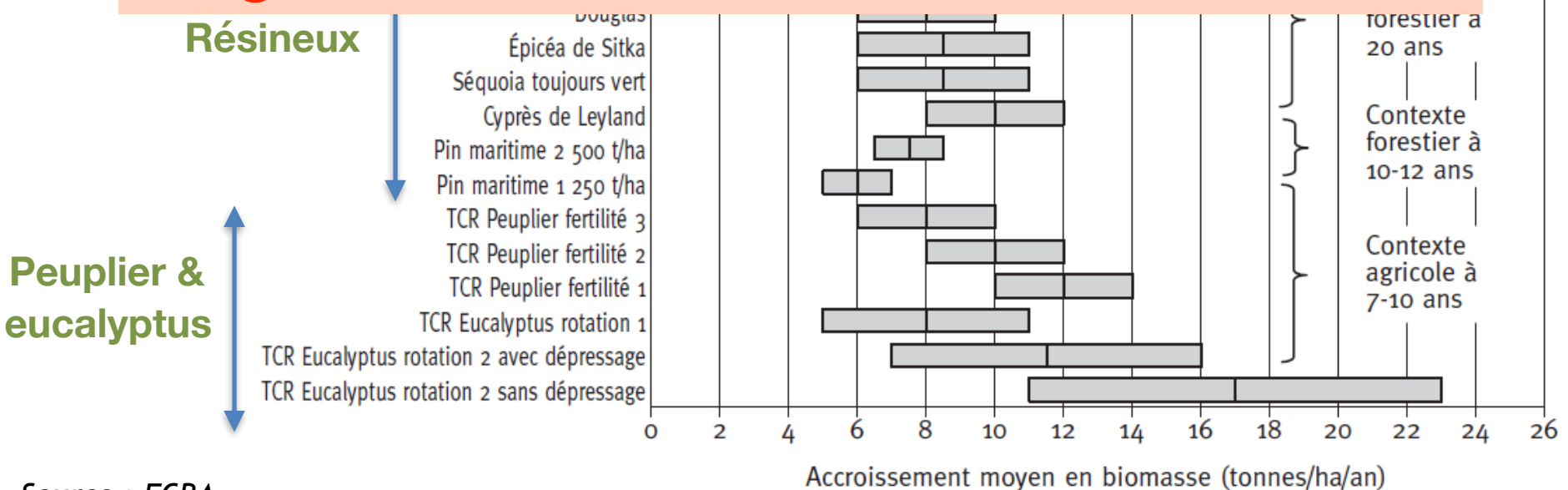
709

# Niveaux de productivité en sylviculture innovante à courte révolution (projet Oseo-Futurol)

FIGURE 13

ACCROISSEMENT MOYEN EN BIOMASSE TOTALE (en tonnes/ha/an)  
POUR LES DIFFÉRENTES ESSENCES

**2 essences-clés pour les investissements R&D :  
Douglas et Pin maritime**



Source : FCBA  
(Berthelot et al., 2014)

Rev. For. Fr. LXVI - 5-2014

709



# Quelques messages « à rapporter à la maison »

- ❖ À quoi vont servir dendrométrie, modèles et PF de simulation :
  - ❖ les forêts vont changer et devenir **une filière-clé** de la bioéconomie
  - ❖ spécificité des **jeux d'acteurs** autour de la forêt (sociologie, intérêts, pratiques, compétences) → émergence de **nouveaux acteurs**
  - ❖ un besoin croissant d'**information**, pour ≠ objectifs ; expliciter sobriété, durabilité et performances multiples de la filière
  - ❖ les forestiers doivent pouvoir s'appuyer sur la recherche + R&D, pour se concentrer sur la **mise en œuvre** (Big Data, capacités de calcul...)
  - ❖ chercheurs forestiers : se mettre dans **une posture de pédagogie**
  - ❖ **simulation > interface CAQE, CAO, rendre lisible & nourrir le débat**
- ❖ ...et toujours, n'oublions pas :
  - ❖ « **Peu importe qu'un chat soit blanc ou noir, s'il attrape la souris, c'est un bon chat** » (Deng Xiao Ping, 1962)
  - ❖ « **Tous les modèles sont faux, certains sont utiles** » (G.E.P. Box, 1987)



**Merci pour votre attention !**



<https://twitter.com/jfdhote>



## Résumé

Pour faire face aux différents enjeux associés au changement climatique (adaptation sylvicole et des aménagements, prévention des risques, sécurisation des services écosystémiques, progression rapide du taux de récolte, calcul des bassins d'approvisionnements industriels et programmation de nouvelles capacités industrielles),

de profondes transformations des pratiques de gestion forestière sont nécessaires. Cela suppose un effort concerté pour

formaliser et stimuler une planification multi-échelle effective de la gestion : parcelle, massif aménagé et entreprise.

La multiplication des itinéraires et options (notamment pour le renouvellement des peuplements et la gestion de la fertilité) demandera de développer des capacités nouvelles de monitoring des forêts, de représentation et prédiction spatialisée des attributs, de simulation sur plusieurs décennies sous incertitude à partir d'inventaires homogénéisés, et enfin de résolution de problèmes de décision optimale.

Ces besoins scientifiques et d'ingénierie doivent être conçus d'emblée dans la perspective d'assister non seulement la décision des acteurs de la gestion multi-échelle et son amélioration continue, mais aussi le dialogue avec les parties prenantes concernées par cette nouvelle « transition forestière » : industriels, collectivités de situation, chasseurs, riverains, associations naturalistes ou d'usagers récréatifs etc...

L'objectif de la présentation est de présenter quelques atouts, faiblesses et attentes spécifiques concernant les modèles de simulation dans leur contribution à cet effort.