

Afterres2050

Un scénario
soutenable
pour l'agriculture
et l'utilisation des
terres en France
à l'horizon **2050**

 Solagro

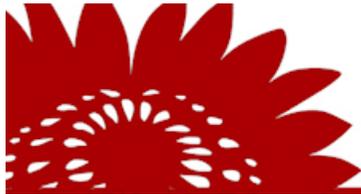


Afterres2050

Christian COUTURIER

Directeur du pôle Énergie
de **SOLAGRO**

Président de l'Association
négaWatt



- Entreprise sous statut d'association loi 1901
- 200 adhérents, 27 salariés

SAVOIR

Etudes d'intérêt général pour institutions (ministères, agences, fondations...) : prospective, évaluation, recherche

FAIRE

Accompagnement de porteurs de projets, privés ou publics, de l'étude technico-économique à l'exploitation

FAIRE SAVOIR

Formation, publications, structuration de réseaux professionnels, participation au débat public

Solagro

d'autres voies

pour l'énergie, l'agriculture, et l'environnement

Créée en 1981, Solagro est une association indépendante.

Sobriété et efficacité énergétiques

Energies renouvelables

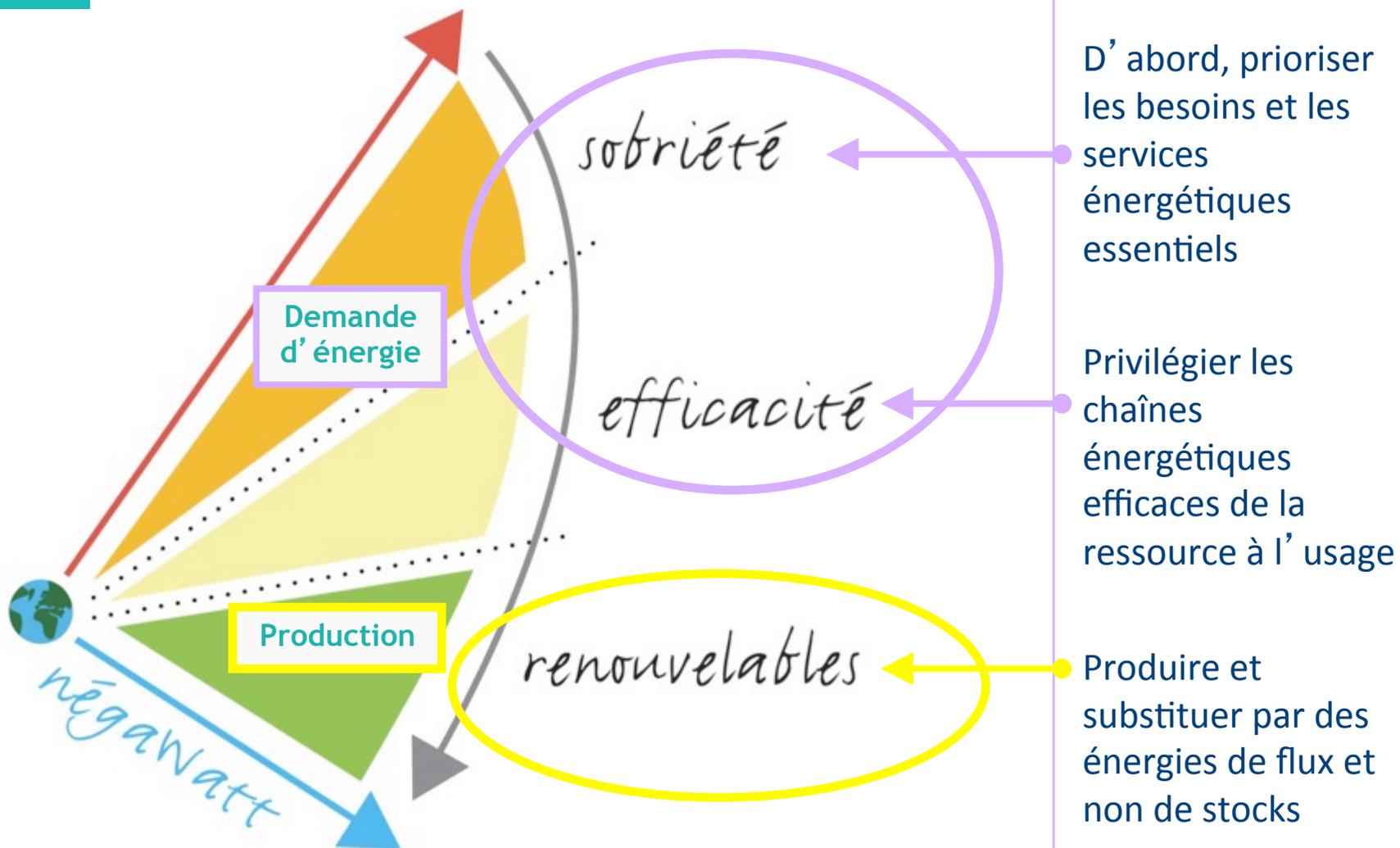
Agroenvironnement, biodiversité et paysages

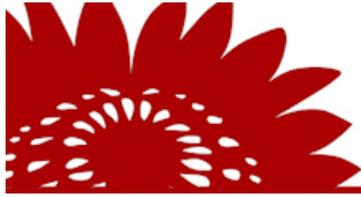
Etudes, expertises et évaluations

Assistance aux maîtres d'ouvrage

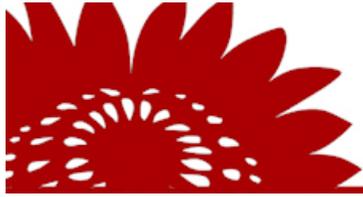
Formation, animation et débats

La démarche négaWatt

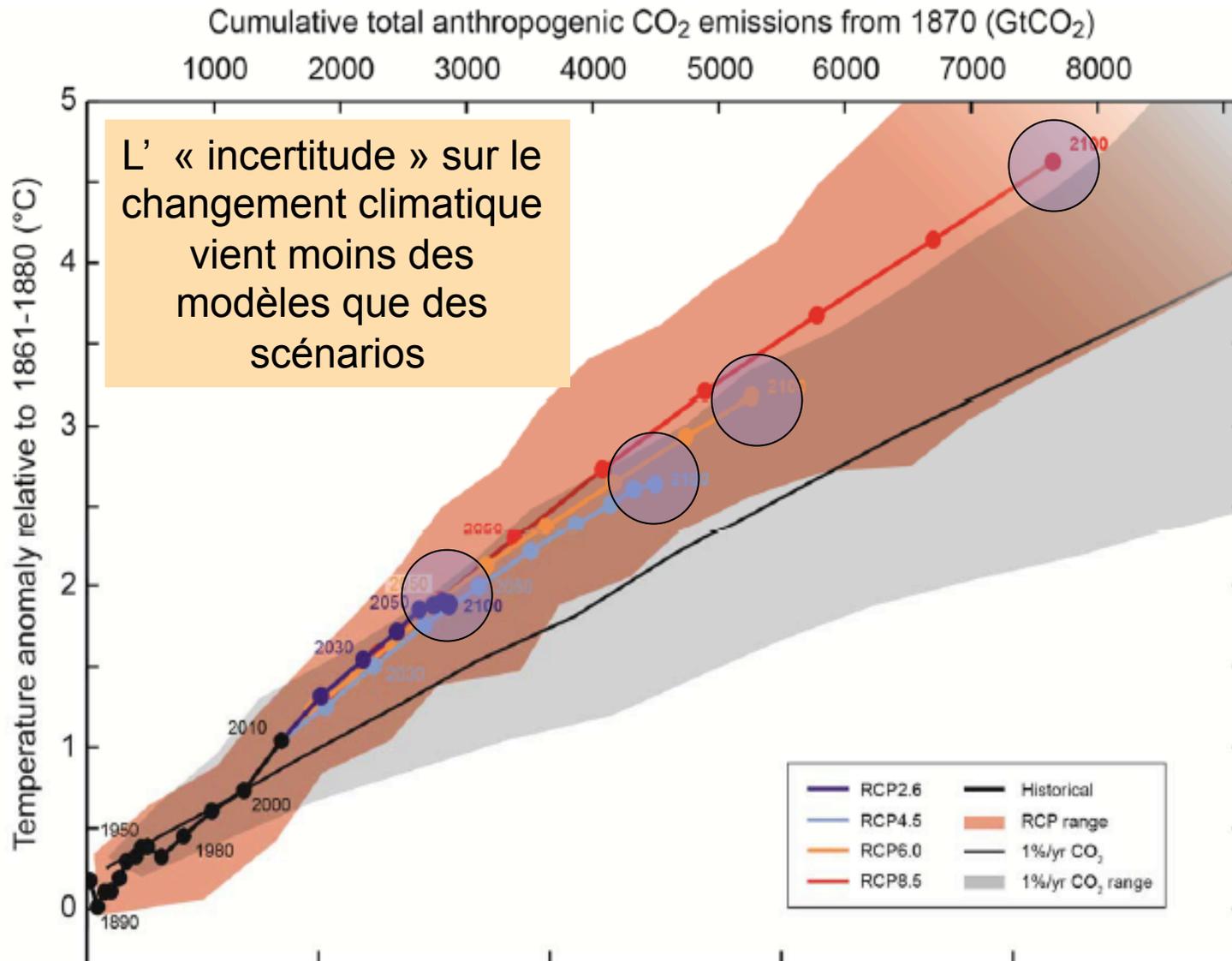
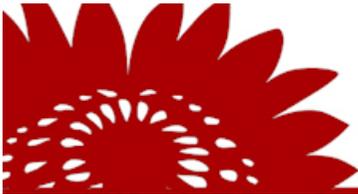




- Une réalisation Solagro
- Un scénario similaire à négawatt pour l'alimentation, l'agriculture, la forêt : paradigme sobriété dans la consommation, efficacité des modes de production, utilisation et production de ressources renouvelables
- En un mot : **comment fournir les services essentiels offerts par l'agriculture et la forêt – alimentation, biodiversité, matériaux, énergie... – en diminuant significativement notre empreinte écologique**



ENJEUX





Atténuation

- Réduire nos émissions de gaz à effet de serre : méthane (élevage), protoxyde d'azote (cultures), gaz carbonique (énergies fossiles, déforestation, biomasse « non durable »)

Adaptation

- Modification des régimes des précipitations et des températures, contrainte en eau
- Evolution de la flore et de la faune : « l'Alsace aux portes de la Méditerranée »
- Menace particulière sur la forêt et les cultures pérennes

L'agriculture et la forêts sont des systèmes vulnérables, mais peuvent contribuer efficacement à la question du changement climatique

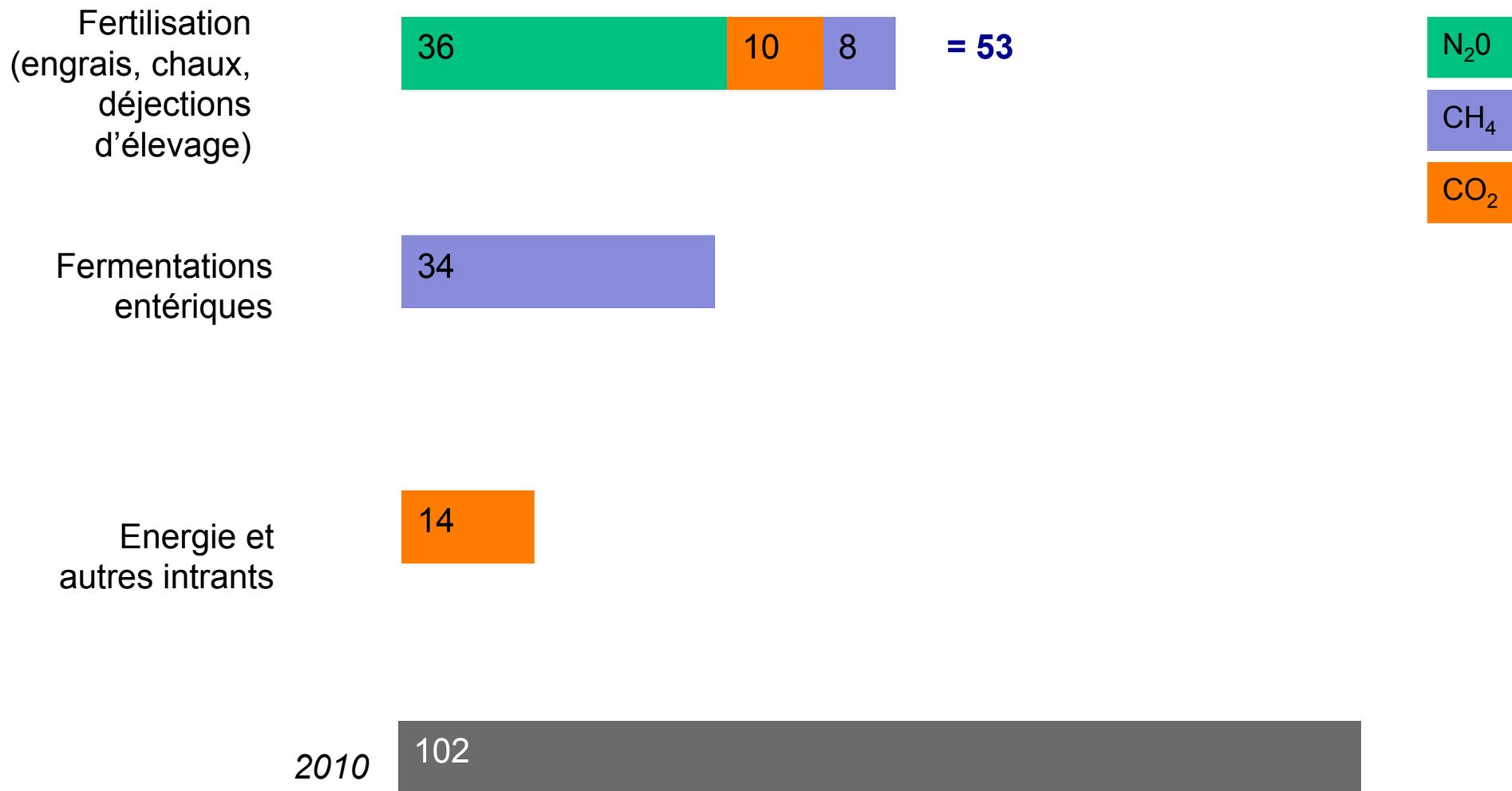
- Stocker du carbone (remplir des puits)
- Remplacer le carbone fossile (tarir des sources)



Gaz à effet de serre en 2010



Millions de tonnes équivalent CO₂



Format Climagri



Agriculture et gaz à effet de serre

- PRG national net : 496 MteqCO₂
- PRG agriculture :
 - 108 M téqCO₂ soit 22% du PRG net national
 - 117 MteqCO₂ avec UTCF soit 24% du PRG national
- **Avec un PRG 40-50 ans, le poids du méthane double**
- Le PRG de l'agriculture s'élèverait à 160 MteqCO₂ soit 28% du PRG national net, UTCF compris



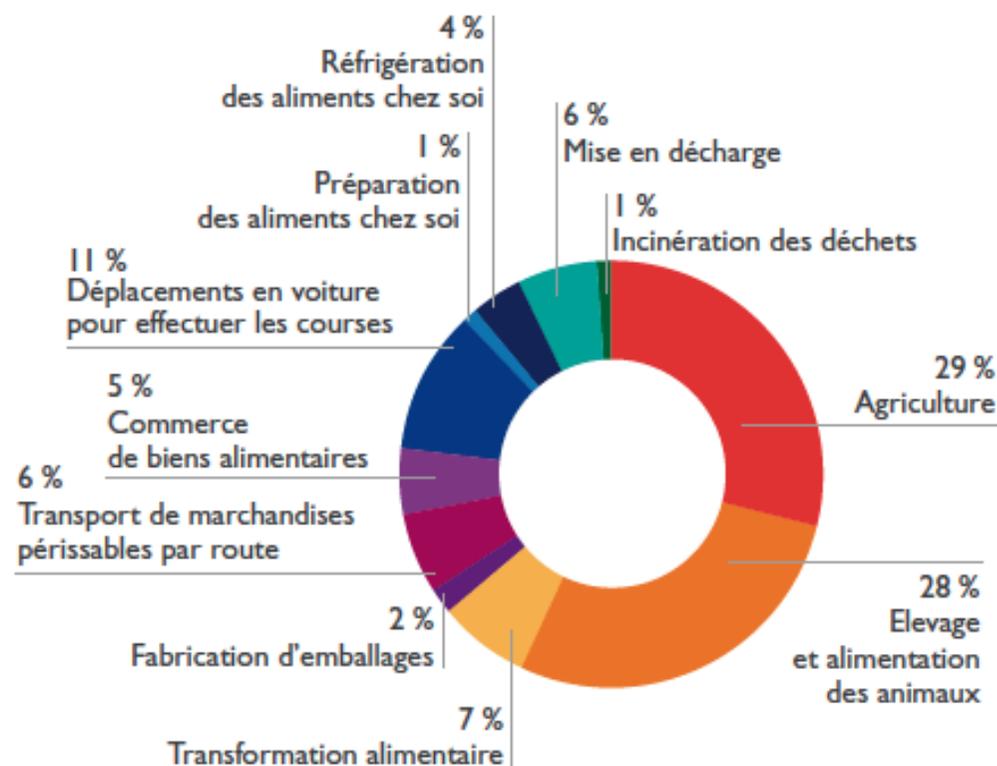
L'alimentation : 40% de notre empreinte carbone

L'alimentation, de la fourche à la fourchette, représente 40% des émissions de GES et 25% des consommations d'énergie.

- IAA : = 9 % de la filière
 - 12 Mt $\text{eq.CO}_2/\text{an}$ = 2,4 % des GES France
 - CO_2 (énergies) et HFC (froid)
- Transports des denrées alimentaires
- Commerces (GMS, etc.)
- Ménages : déplacements, préparation, conservation = 15% mini
- Traitement des déchets

Source : ADEME, 2011, Réalisation d'un bilan des émissions de gaz à effet de serre : guide sectoriel, filière agricole et agro-alimentaire,

Figure 6 : Répartition des émissions de GES dans la chaîne de production alimentaire en France



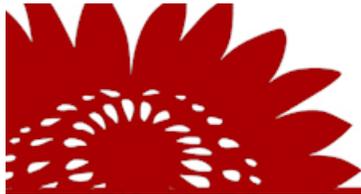
Source : IFEN, 2006



- Equilibre nutritionnel, « mal bouffe », « bonne chance » au lieu de « bon appétit »,
- Crises : « vache folle », « poulet à la dioxine », risque sanitaire (H5N1...)
- Agriculture et santé publique: impact des phytosanitaires sur la santé (dont celle des agriculteurs)
- Qualité de l'eau : nitrates, phytosanitaires, produits pharmaceutiques
- Qualité de l'air : ammoniac, émissions de particules
- Qualité des sols : perte de matières organiques, impacts négatifs sur la biodiversité des sols, érosion, ...
- Biodiversité: raréfaction des espaces semis-naturels et naturels productifs, impacts des pollutions sur les chaînes trophiques, ...
- Raréfaction des ressources naturelles, à commencer par l'espace arable



- Nourrir une population croissante en France et dans le monde
- Qualité des produits alimentaires, valeur gustative
- Demande de terroir, recherche de sens et d'identité, paysage
- Partage de l'espace: usages de la forêt et des espaces ruraux, pression de l'urbanisation, ...
- Bien-être animal
- Aménagement du territoire, préservation ou restauration du tissu économique et social rural



POUR UNE ÉVOLUTION DU RÉGIME JURIDIQUE DE L'ANIMAL DANS LE CODE CIVIL RECONNAISSANT SA NATURE D'ÊTRE SENSIBLE

FONDATION
30
MILLIONS
D'AMIS
RECONNUE
D'UTILITÉ PUBLIQUE

Manifeste
Octobre 2013

CHRISTOPHE ANDRÉ
Psychiatre et Psychothérapeute

BORIS CYRULNIK
Éthologue et Neuropsychiatre

ALAIN FINKIELKRAUT
Philosophe

JACQUES JULLIARD
Historien et Journaliste

MICHEL ONFRAY
Philosophe

MATTHIEU RICARD
Docteur en génétique cellulaire

FLORENCE BURGAT
Philosophe

DIDIER DECOIN
De l'Académie Goncourt

ELISABETH DE FONTENAY
Philosophe

FRÉDÉRIC LENOIR
Philosophe et Écrivain

ÉRIK ORSENNA
De l'Académie française

DANIÈLE SALLENAVE
De l'Académie française

DIDIER VAN CAUWELAERT
Écrivain

PHILIPPE DEVIENNE
Vétérinaire et Philosophe

IRÈNE FRAIN
Écrivain

JEAN-PIERRE MARGUÉNAUD
Professeur de droit

PIERRE RAHBI
Philosophe

ENRIQUE UTRIA
Philosophe

ANDRÉ COMTE-SPONVILLE
Philosophe

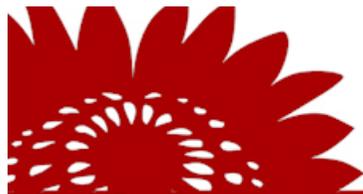
LUC FERRY
Philosophe

MARIE-ANGÈLE HERMITTE
Docteur en droit

EDGAR MORIN
Sociologue et Philosophe

HUBERT REEVES
Astrophysicien et Président
de Humanité Biodiversité

FRÉDÉRIC VITOUX
De l'Académie française



Vulnérabilité de l'agriculture au prix de l'énergie

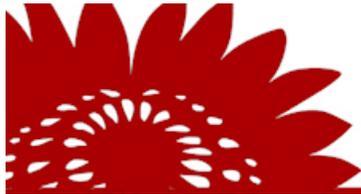
- 1 kg d'azote = 1 kg de gaz

Ubiquité de la biomasse

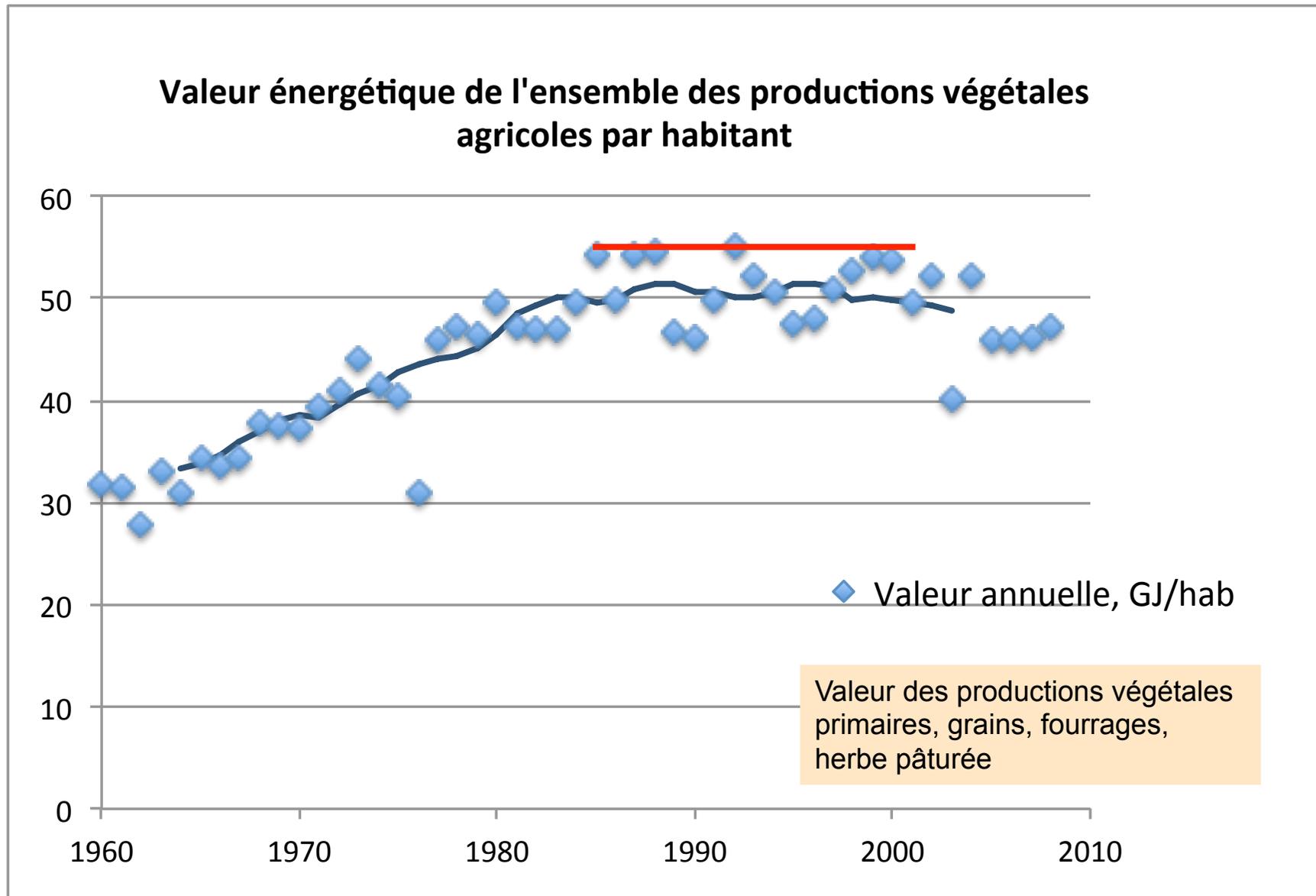
- 1 tonne de matière organique vaut ½ tonne de pétrole
- Valeur énergétique de la totalité des grains consommés dans le monde = 1 milliard de tep (tonnes équivalent pétrole)
- Consommation mondiale d'hydrocarbures = 10 milliards de tep
- Peak oil => hausse du prix de l'énergie => fusion des marchés « énergie » et « grains »
 - => menace alimentaire mondiale majeure
 - => pression très forte sur l'agriculture et la forêt
 - ... donc il faut anticiper

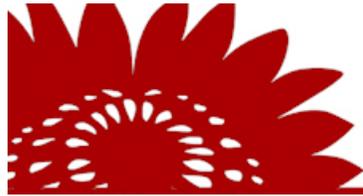
Autres valorisation de la biomasse

- Construction, chimie verte



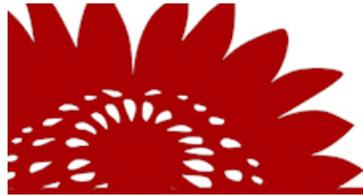
La production agricole stagne voire décroît depuis les années 1990





« 9 milliards d'hommes à nourrir : un défi majeur ! », 2011. Par Marion Guillou, Présidente de l'Inra, et Gérard Matheron, président du Cirad :

- « *Oui nous allons nourrir les 9 milliards d'être humains que comptera la Terre en 2050 mais ... **à la seule condition de ne pas prolonger les tendances actuelles*** »
- Scénario « de rupture » : **3.000 kcalories** par personne, dont 500 kcalories d'origine animale, pour l'ensemble de la population du globe



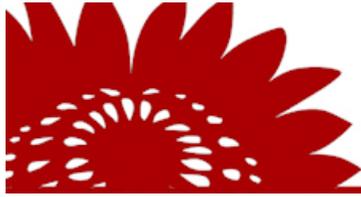
Rapport de l'Académie des Sciences « Démographie, climat et alimentation mondiale », 2011

- « *maintenir impérativement les capacités de production importantes de la profession agricole européenne mais en les réorientant vers des **productions écologiquement acceptables*** »,
- « *inciter chacun à réduire sa consommation de produits d'origine animale* »



Michel Griffon

- « *Si le monde entier devait suivre le régime alimentaire nord-américain, il est fort probable que **la planète ne suffirait pas** à produire une alimentation suffisante* ».
- « ***L'abus de viande** provoque des maladies cardiovasculaires, et **l'abus de sucres courts** entraîne des diabètes du type 2* ».
- « *Il apparaît souhaitable dans chaque tradition alimentaire de limiter tout ce qui est générateur de maladies, donc de **limiter la viande, les sucres courts** et accroître les sucres lents, les légumes et les fruits dans les rations* ».
- « *Ce scénario à l'échelle de la planète rendrait plus accessible l'objectif **d'autosuffisance alimentaire** tout en diminuant les dépenses de santé* »



MoSUT : Modèle Systémique d'Utilisation des Terres



Physique :

- Basé sur des surfaces, flux de masse et d' énergie
- « Bilantiel » et systémique (holostique)
- *Traduit* en conditions et impacts socio-économiques, mais n'utilise pas de *déterminants* moteurs de nature socio-économique



Récuratif :

- « back-casting » ou « rétro-prospective : objectifs fixés
- les variables de demande et d' offre s'ajustent progressivement



Ascendant (ou bottom-up) :

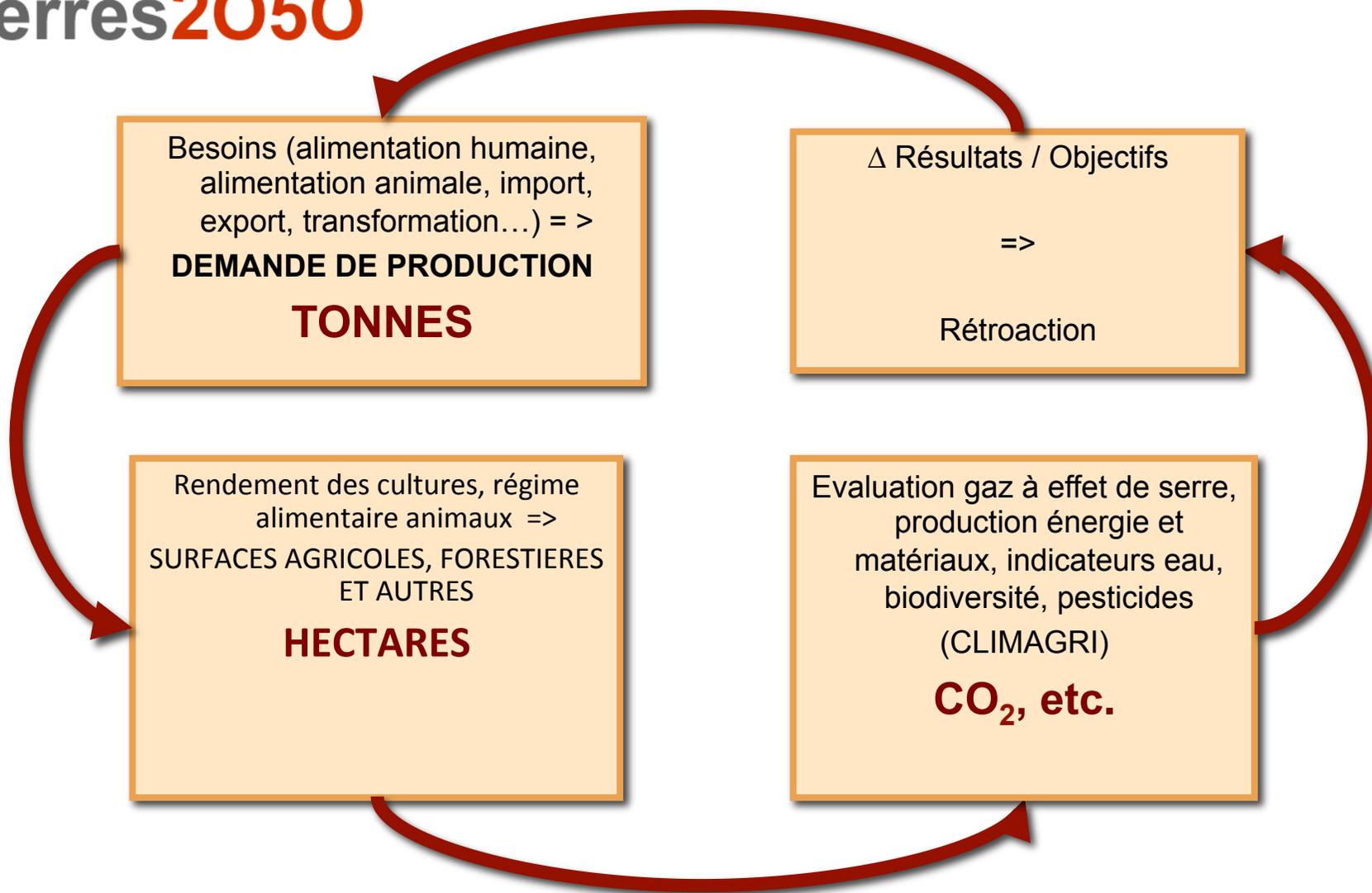
- et non descendant (top down),
- on part de données maîtrisées (terrain) que l' on agrège par remontées successives

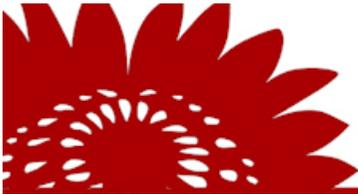
Principes

- Objectifs ambitieux
- pratiques et techniques connues, sans rupture technique ou sociétale

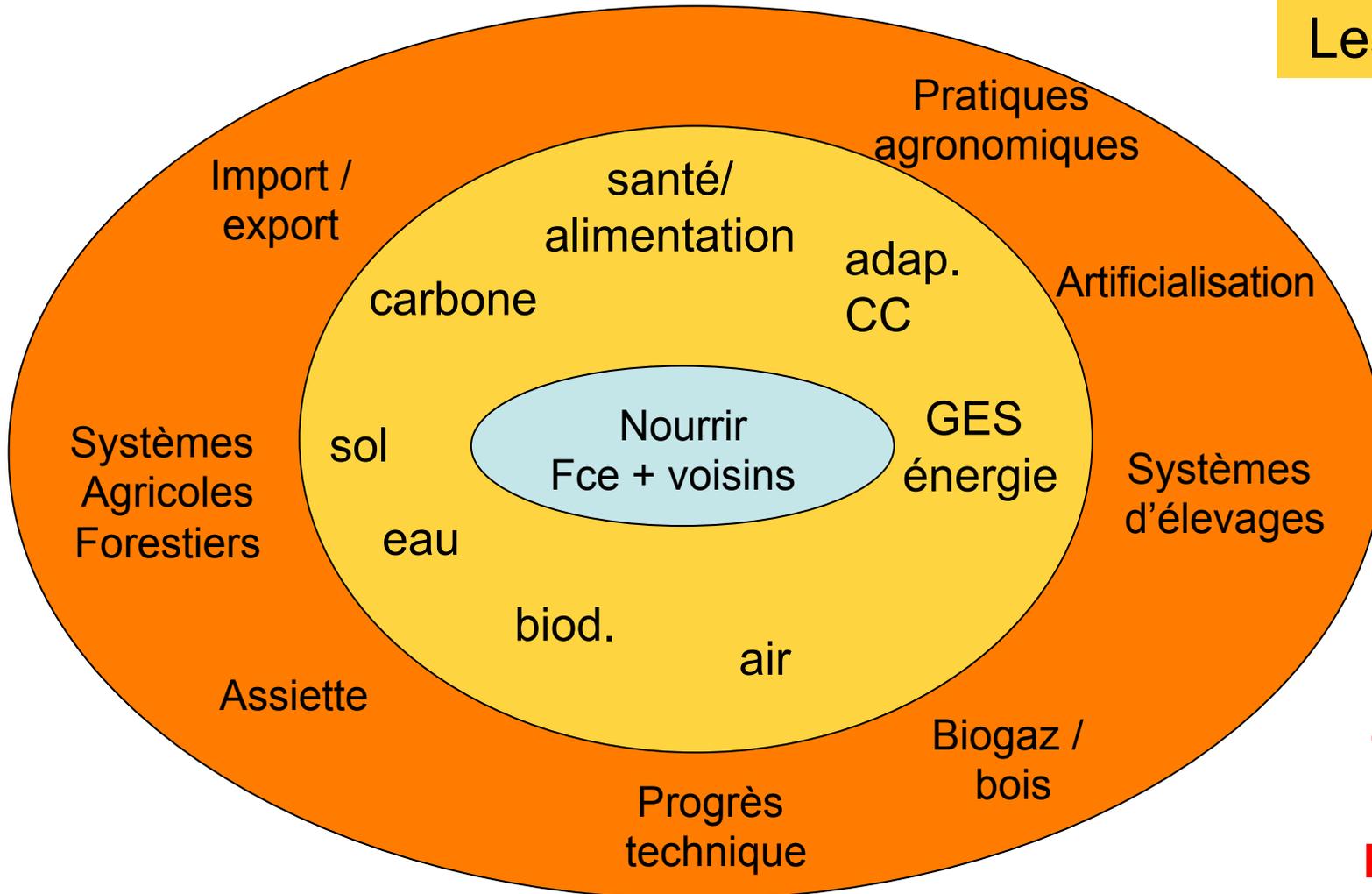


Afterres2050





Les enjeux

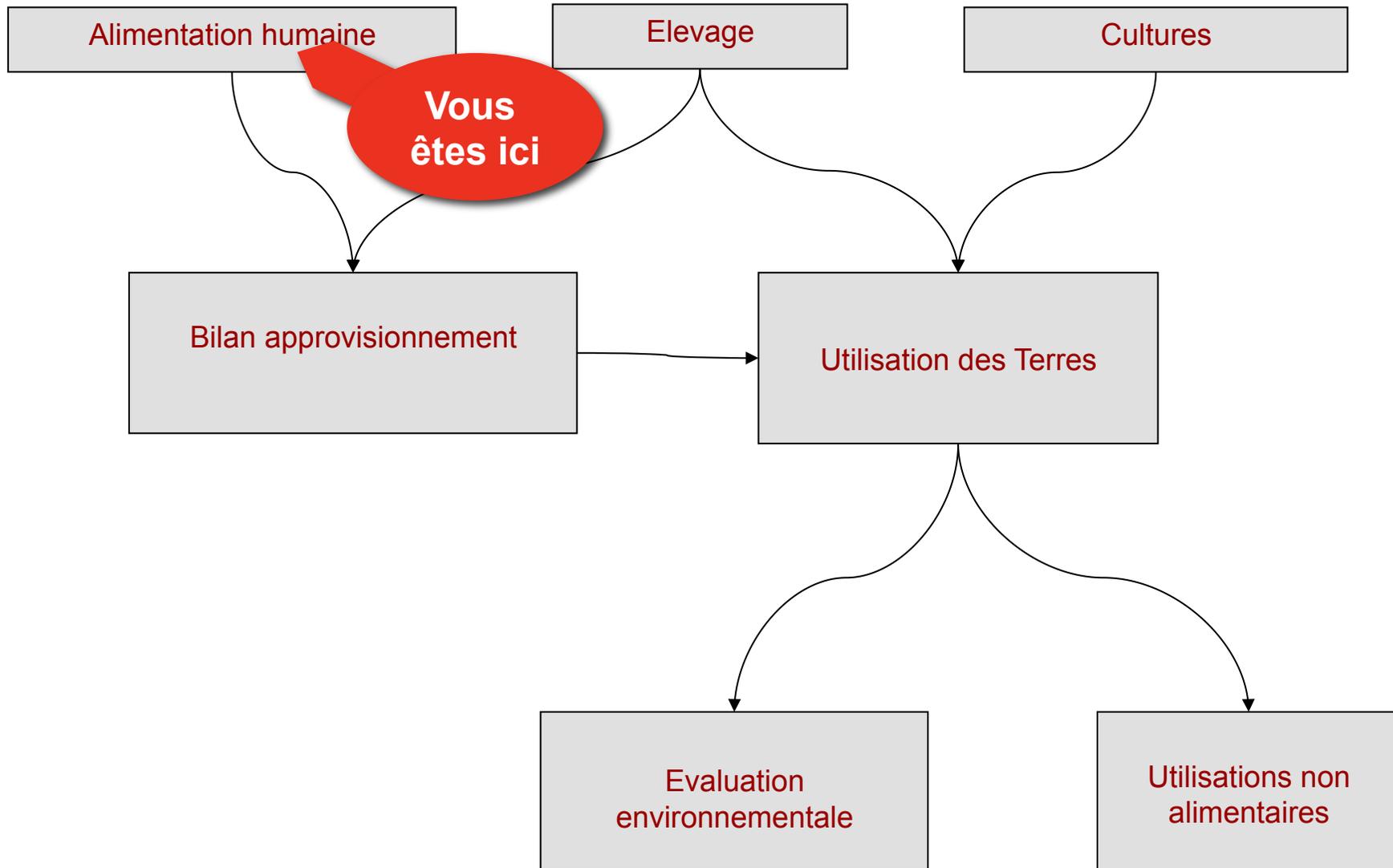
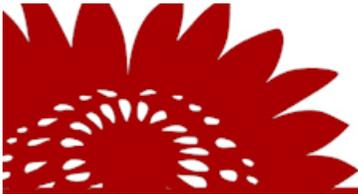


- +12**
- GES--**
- Ener.--**
- RES ++**
- NO3 --**
- PP---**
- IAE++**
- PM-**
- NH3--**
- Ero. --**
- Fert. +++**
- Gaspi. --**
- SurC.--**
- Prot.A. --**
- Carb. ++**
- ENR +++**

Les leviers



ASSIETTE



Trop...

Photos : Peter Manzel



Allemagne : \$500.07 de dépenses alimentaires par semaine par ménage

Trop peu...

Photos : Peter Manzel



Bouthan : \$5.03 par semaine



Egypte : \$68.53

Photos : Peter Manzel

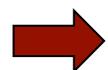


Italie (Sicile) : \$260.11

Photos : Peter Manzel



Ajuster la demande alimentaire aux besoins



Réduire les surconsommations

- de protéines 90 g / j . personne contre 52 g « conseillés »
- de sucre : - 4 morceaux de sucre par jour/ 20 Ingérés en moyenne



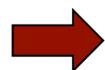
Réduire les pertes et gaspillages alimentaires : /2,5

- 190 kg/an/pers de la sortie de ferme jusqu'à l'ingestion sur 900 kg/an/ personne consommés



Inverser la répartition protéines animales/végétales

- Soit 2/3 de protéines végétale & 1/3 protéines animales



Réduire la consommation de lait

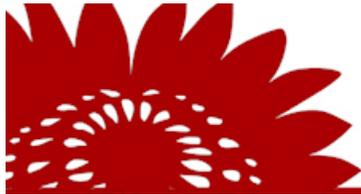
- Aujourd'hui 900 mgCa/jour dont 400 mgCa issu de lait (et produit laitiers)
- Demain, 700 mgCa/jour dont 300 mgCa issu de lait (et produit laitiers)



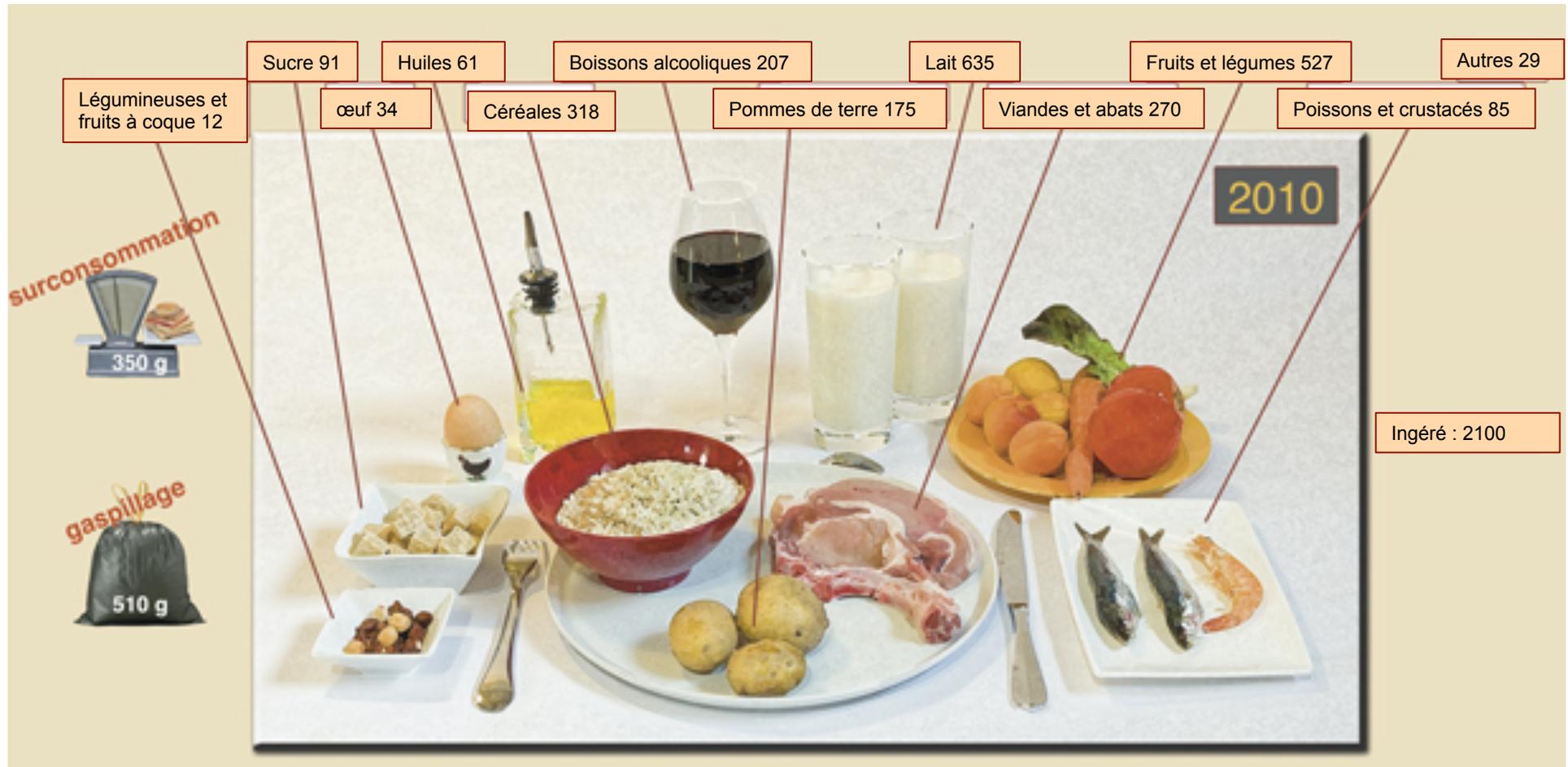
% cohorte « bio » / « non bio »	H	F
Fruits à coque	+239	+381
Céréales complètes	+247	+153
Légumes secs	+49	+85
Huiles végétales	+37	+37
Fruits	+20	+31
Légumes	+27	+27
Boissons alcoolisées	-18	-8
Charcuteries	-31	-31
Boissons sucrées	-34	-46
Lait	-43	-43
Apports caloriques moyens	=	=
Probabilité de surpoids	-36	-42
Probabilité d'obésité	-62	-48

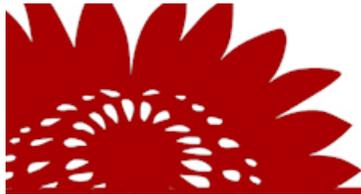
L'étude Nutrinet montre qu'un régime alimentaire « type méditerranéen » ou « type Afterres » ne crée pas de carences nutritionnelles

Cohorte de 50.000 « Nutrinautes », analyses statistiques corrigées (âge, CSP, etc.)

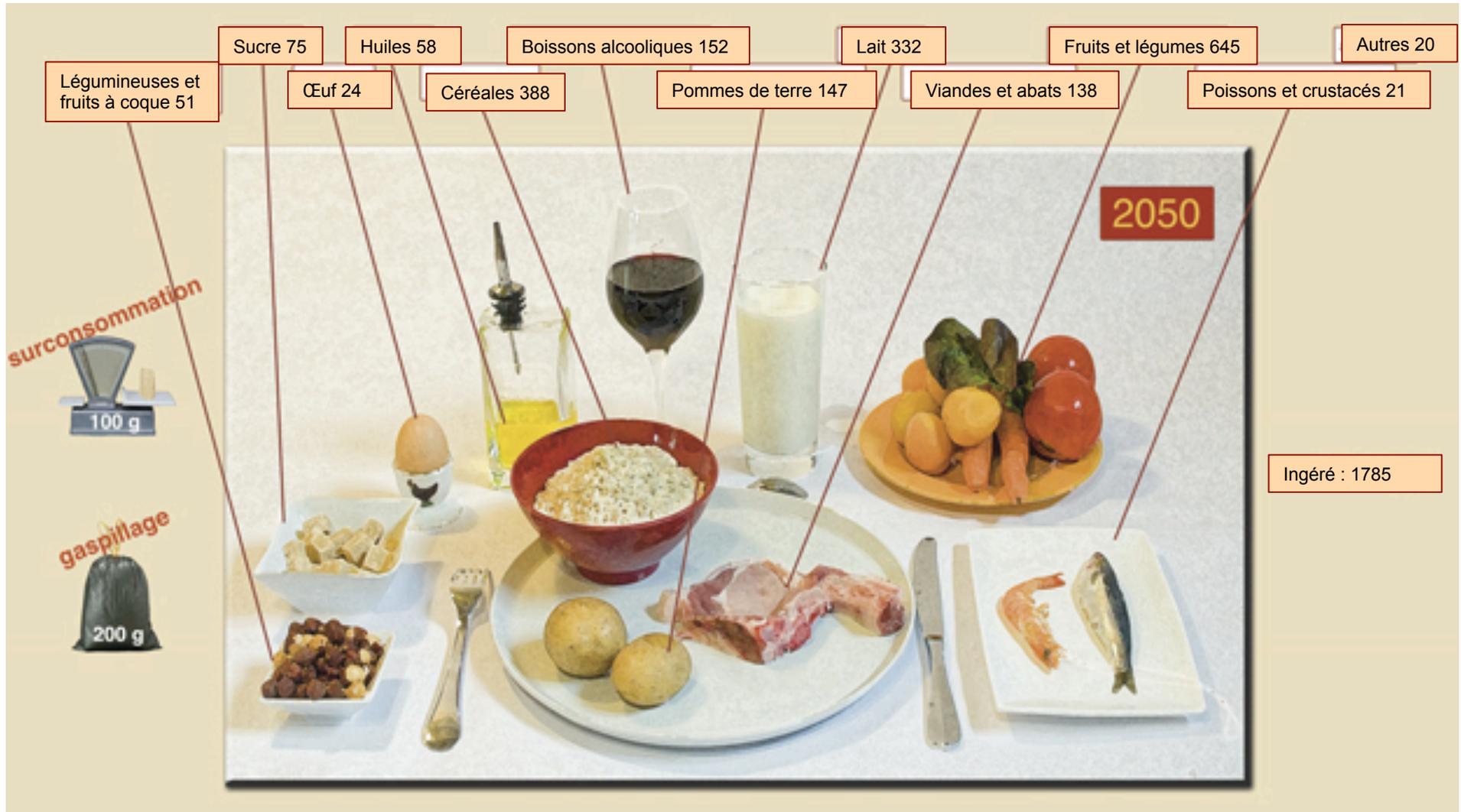


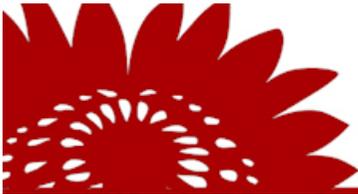
Assiette 2010 – g par jour et par adulte (équivalent primaire)



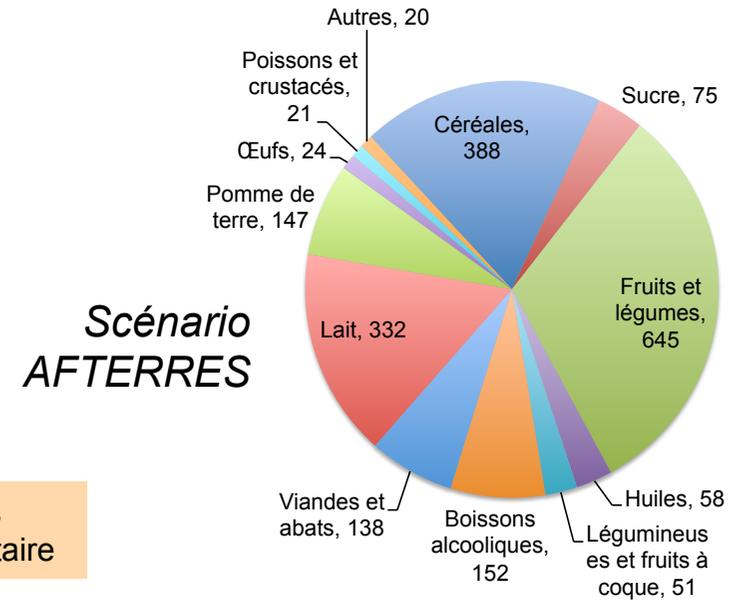
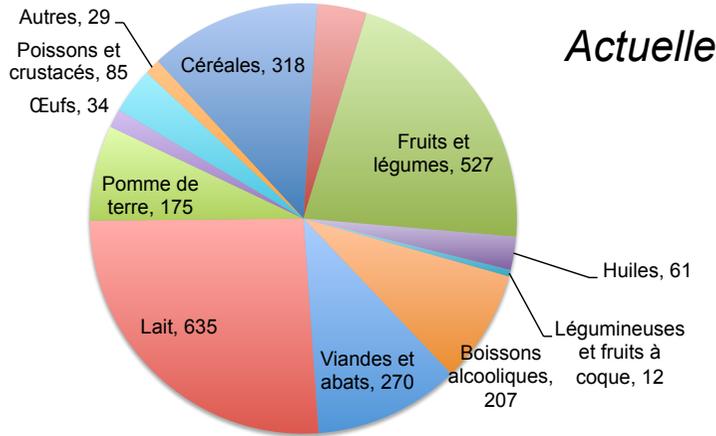


Assiette 2050 : Afterres version 2015 – g par jour et par adulte (équivalent primaire)

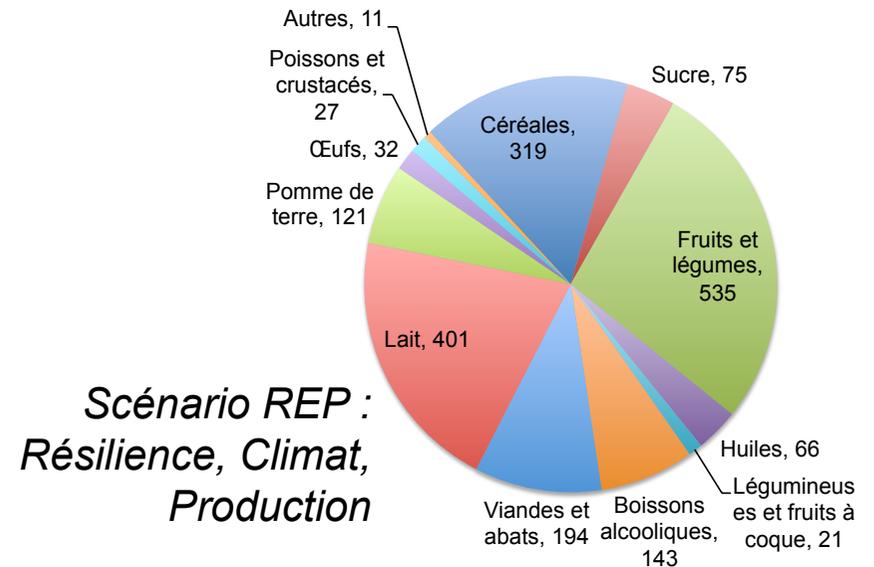
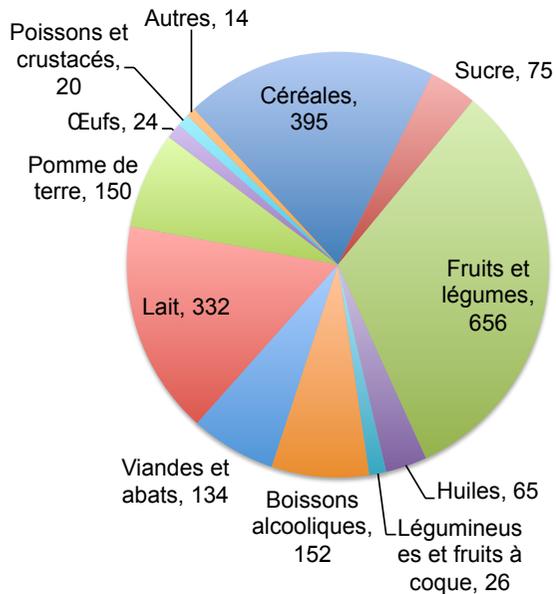


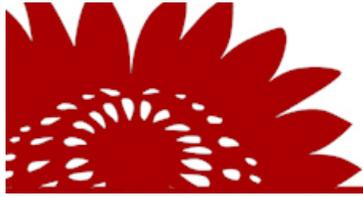


Assiettes 2050

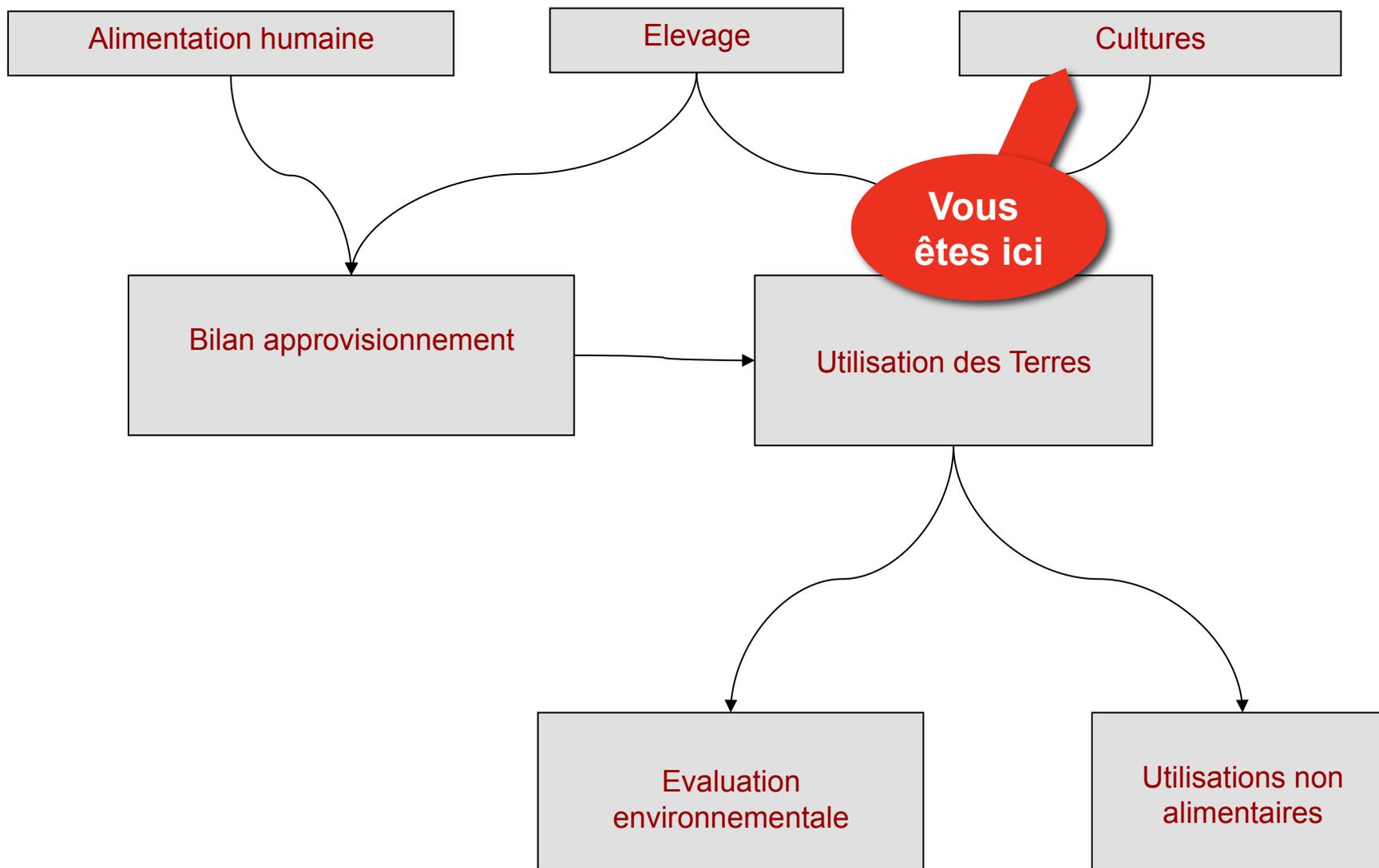


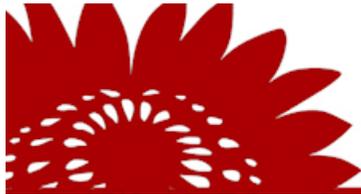
« Assiette FAO » : denrées agricoles, disponibilité alimentaire





CULTURES

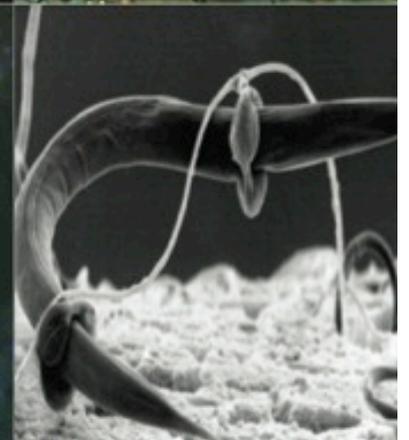
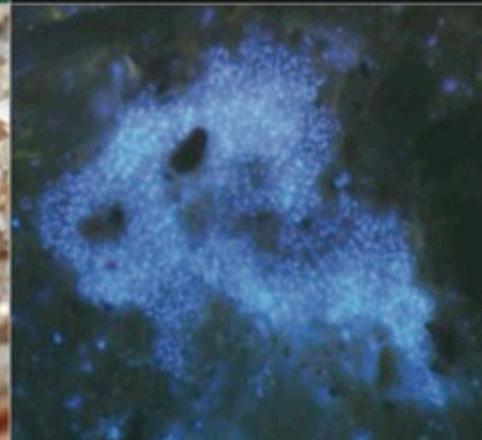
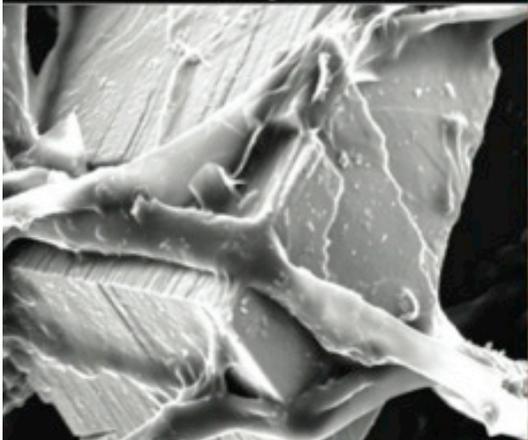
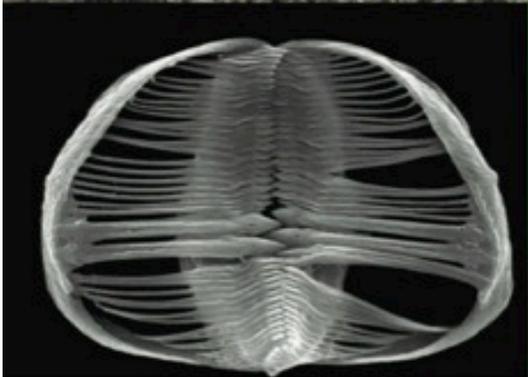
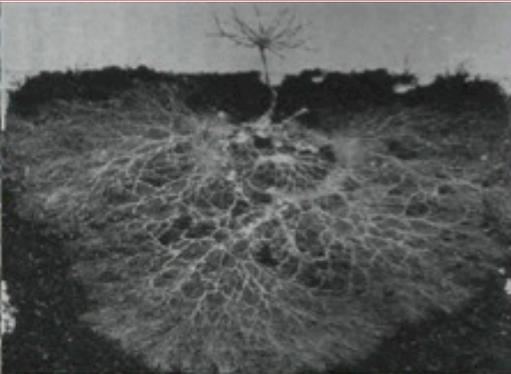
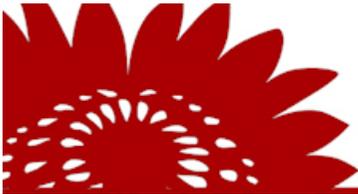


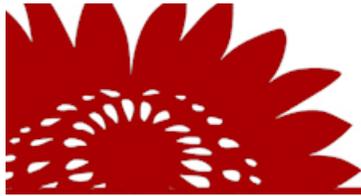


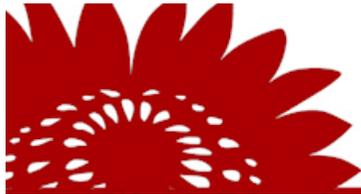
Approche
systémique

- L'agrosystème considéré d'abord comme un écosystème
- La biodiversité et le sol sont des facteurs de production
 - Rotations longues, associations et mixité
 - Lutte biologique intégrée
 - Contrôler la population des ravageurs
 - Préserver l'habitat des auxiliaires biologiques : IAE, zones non cultivées, haies, bosquets, ripisylve, parcours, prairies, lisières, bandes enherbées...
 - Limiter l'usage des biocides
 - Préservation de la structure du sol, forte teneur en matière organique, écologie du sol
 - Rôle essentiel dans le cycle des nutriments et de la matière organique
 - travail superficiel du sol sans retournement, semis direct sous couvert, couverts permanents, systèmes racinaires profonds (agroforesterie)

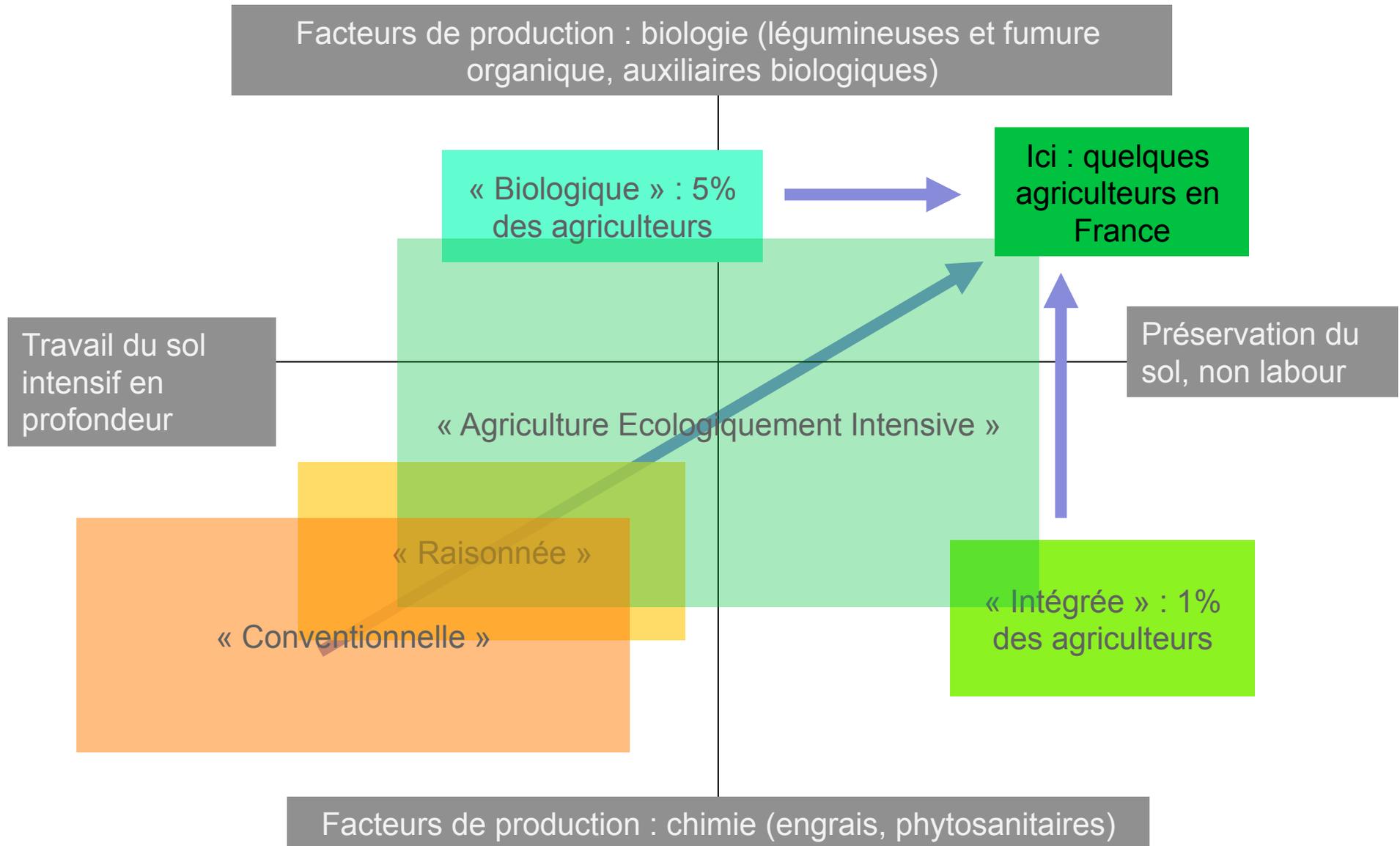


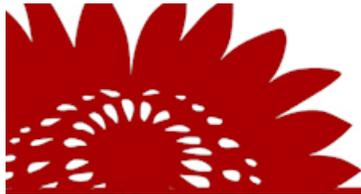




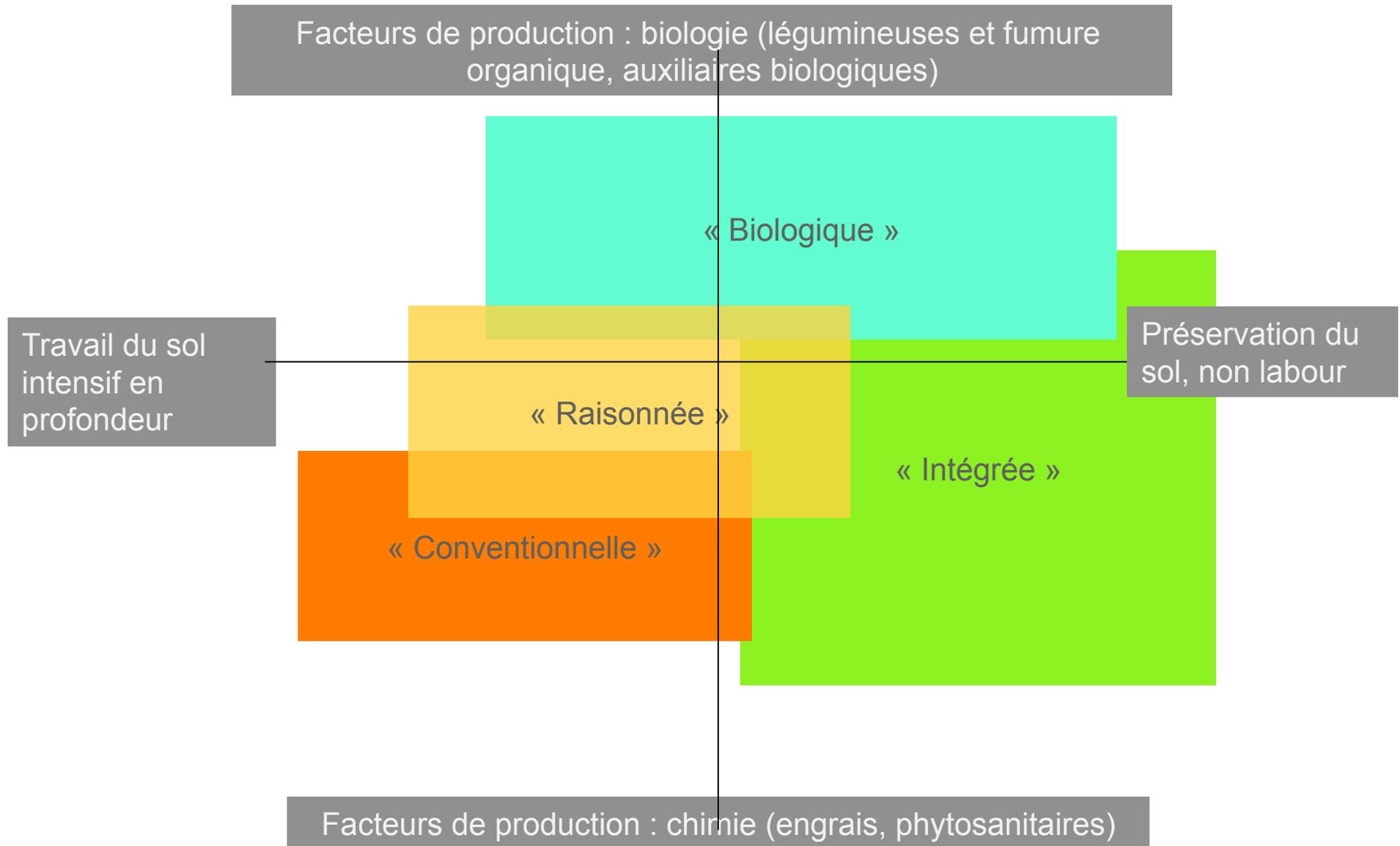


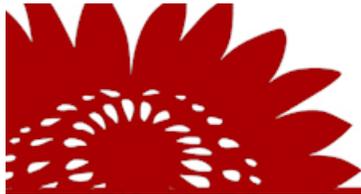
Typologie des agricultures (productions végétales)





Typologie des agricultures (productions végétales)





Exploitation dans le Sud-Ouest (Béziat)

- 72 ha de COP, 2 UTH
- Sud ouest, forte sensibilité érosion, zone périurbaine, 638 mm d'eau, 200 jours de vent d'Autan
- Rotation équilibrée de 6 cultures principales + 4 intercultures = 10 cultures sur 6 ans
- -30% d'énergie GJ/ha / ferme de référence, idem pour GES en tCO₂/ha ; même niveau en GJ/tMS





Levée de pois dans des résidus de sorgho



Semis de soja dans un couvert vivant multi-espèces



Implantation de soja en semis-direct sous couvert d'avoine en précédent maïs gain



Couvert permanent de trèfle violet après la récolte du colza



Couvert de féverole semé en bande sur le passage du strip-till



Semis de sorgho dans un couvert vivant de féveroles

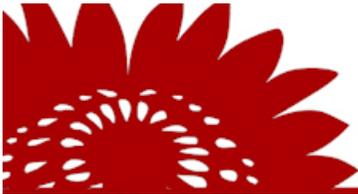




Une parcelle...un produit



Un hectare = 1 (ou 2) produit(s)



Une parcelle = 4 à 5 produits



Infrastructures agroécologiques



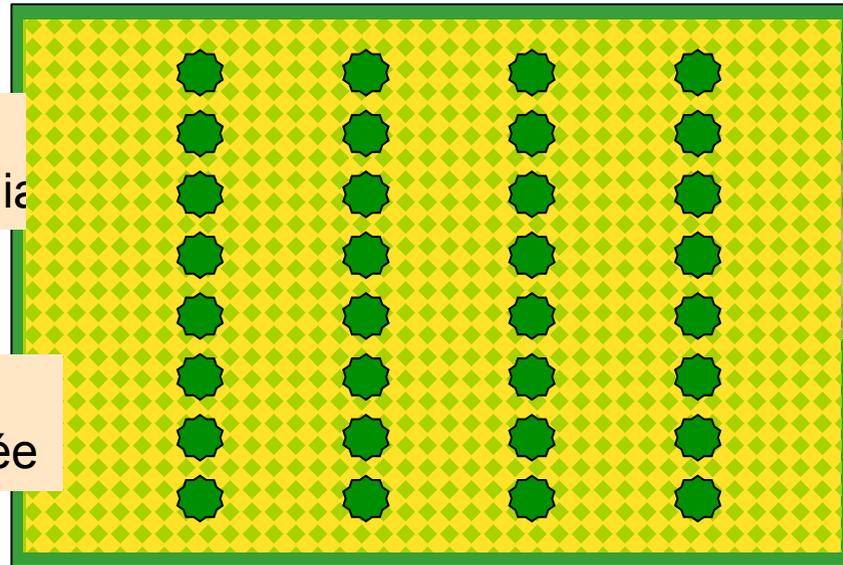
Culture Intermédiaire



Culture Associée



AgroForesterie





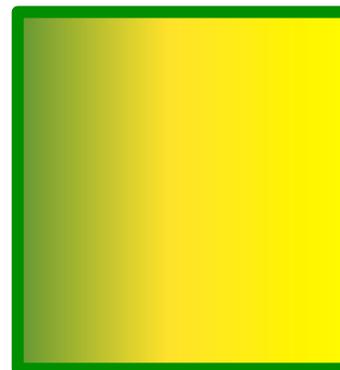
2010



97% d'agriculture conventionnelle (y compris agriculture raisonnée), dont une partie avec haies

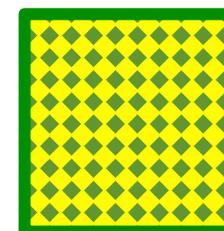
et 3% en agriculture biologique ou en production intégrée

2050

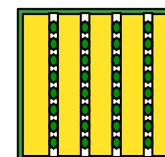


100% avec cultures intermédiaires + infrastructures agro-écologiques (haies)

Dont :



20% avec cultures associées

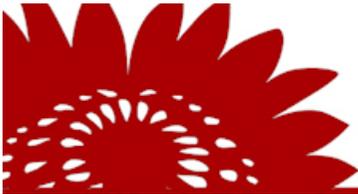


10% agroforesterie

Pour chaque système, répartition 50/50 entre production **intégrée** et agriculture **biologique**

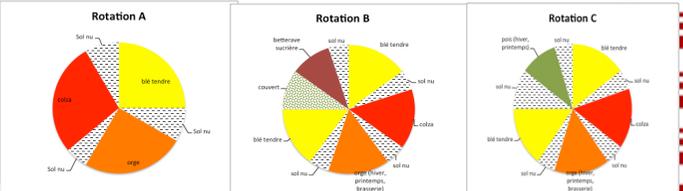


CONSTRUCTION DES SCÉNARIOS



Conv.

**Production
primaire**



Fonctionnalités
naturelles



Fermeture des
cycles



N, P, K
Pesticides
énergie

N, P, K
Pesticides
énergie

N, P, K
Pesticides
énergie

Diversification
et synergie

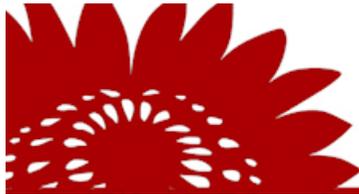


Impacts env.



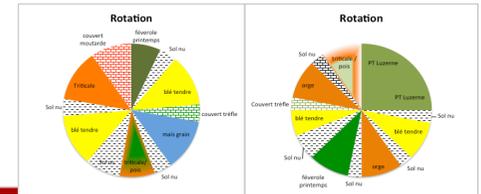
Adaptation
Climat





**AB
Luzerne**

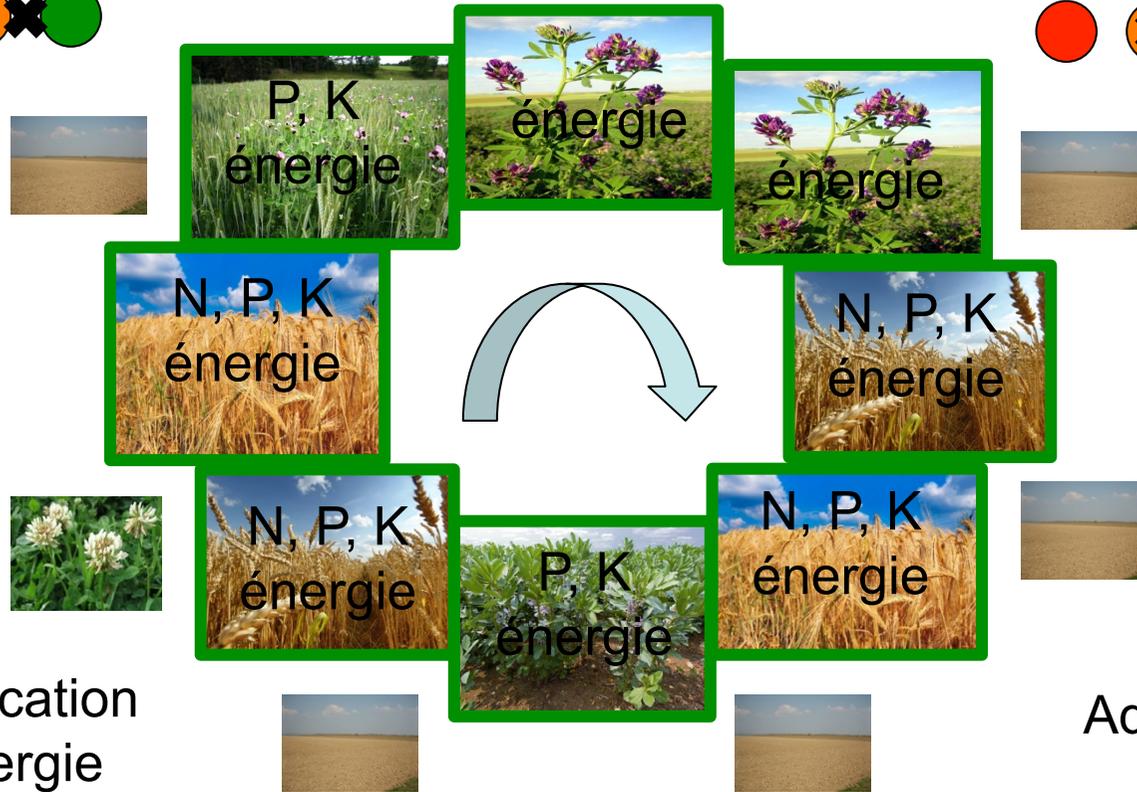
**Production
primaire**



Fonctionnalités
naturelles



Fermeture des
cycles



Diversification
et synergie

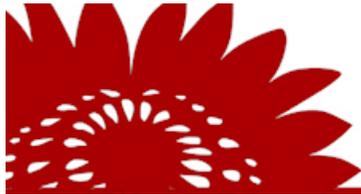


Impacts env.



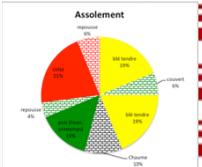
Adaptation
Climat





Production intégrée

Production primaire



Fonctionnalités naturelles



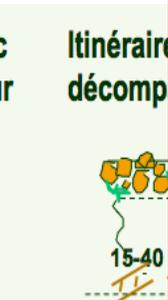
Fermeture des cycles



N, P, K
Pesticides
énergie



N, P, K
Pesticides
énergie



N, P, K
Pesticides
énergie



P, K
Pesticides
énergie



Diversification et synergie



Adaptation Climat

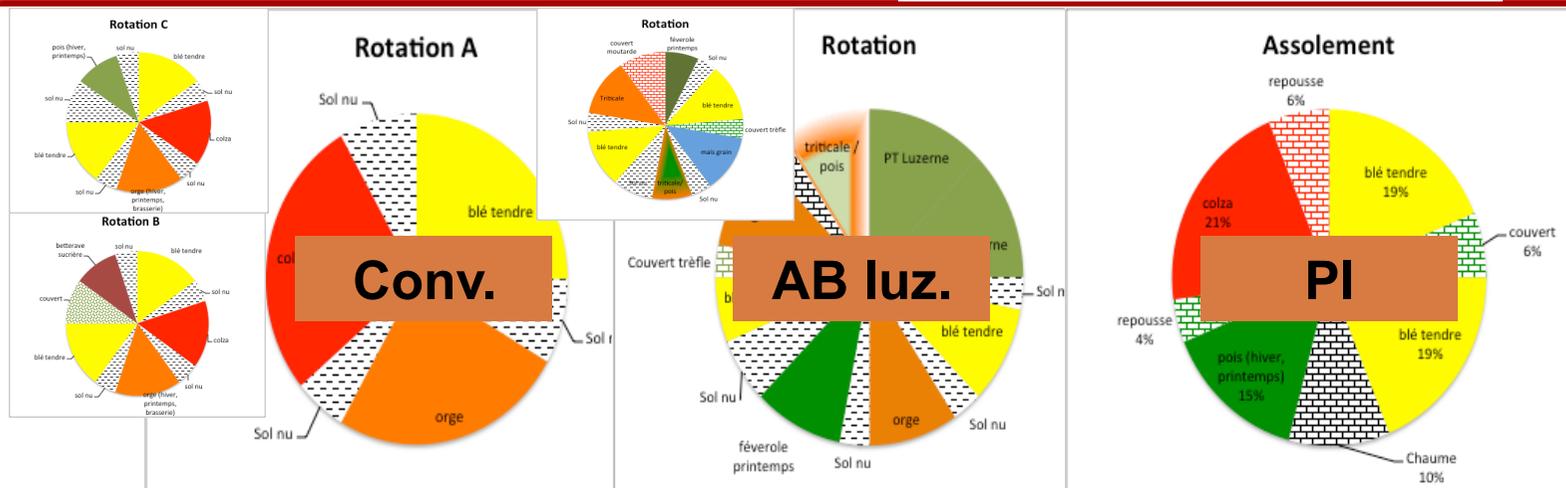


Impacts env.





Synthèse actuelle



Des systèmes mis sous contraintes :

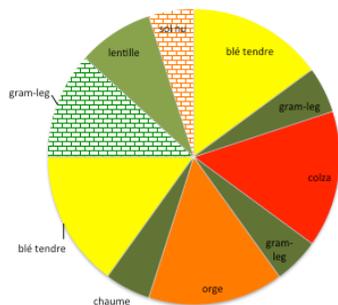
- Climatique
- Objectifs Afterres2050 :
 - Agronomie / résilience climatique
 - Produire pour les hommes plus que pour les animaux
 - Moins d'intrants – plus d'autonomie (N, PP, Fioul)
 - Produire du carbone renouvelable



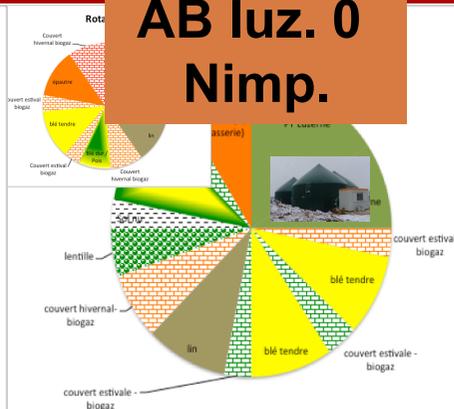
Synthèse 2050



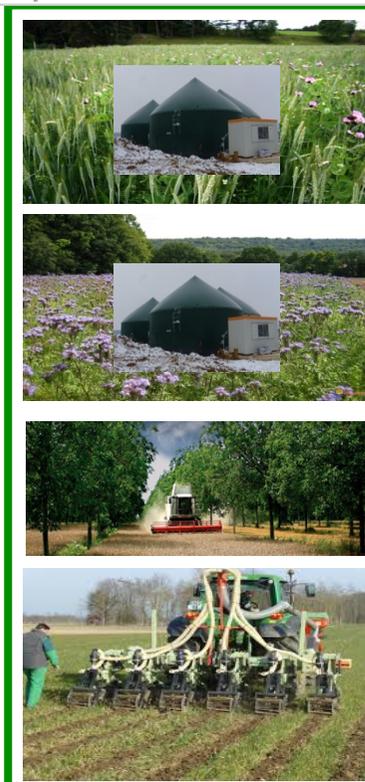
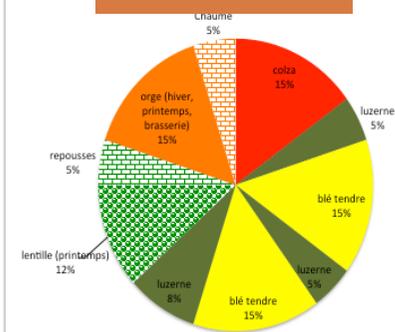
Conv.+

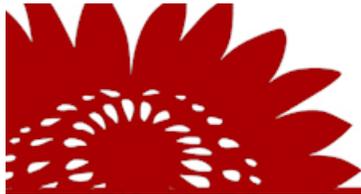


AB luz. 0 Nimp.



PI +

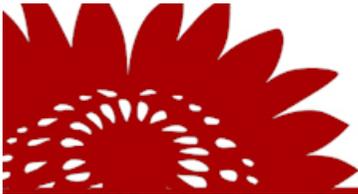




Reconstitution assolement par grands types de rotations



2010	Assolement actuel (SSP)	AB luz.	AB	PI	A- céréales - colza	B - céréales pois colza	C- Céréales colza betterave	Total	Assolement reconstitué
Part dans l'assolement		1%	1%	2%	41%	20%	35%	100%	
Durée de la rotation (ans)		9	7	5	3	5	5		
Céréales	345	4	3	2	2	3	3	67%	337
Oléagineux	90	1	1	1	1	1	1	20%	99
Protéagineux	23	1	2	1		1		5%	23
Luzerne	1	2						0%	1
Cultures industrielles	44	1	1	1			1	8%	38
TOTAL kha	500								500



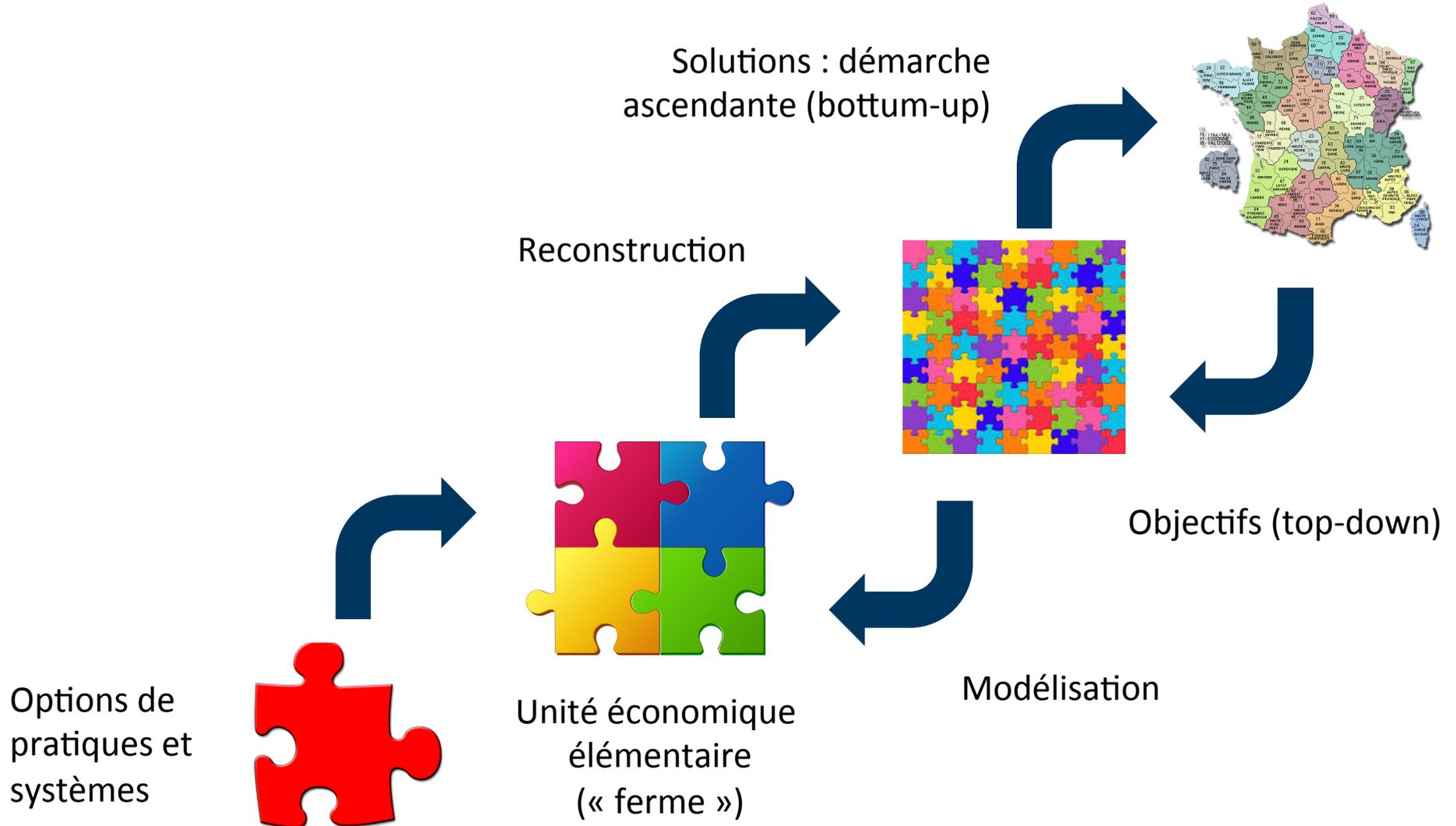
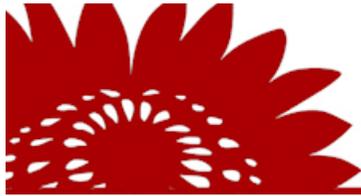
Reconstitution assolement par grands types de rotations

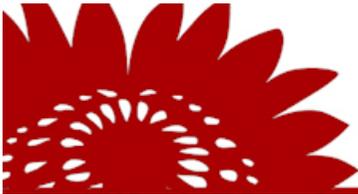


2050	Assolement actuel (SSP)	AB autonome N	AB importateur N	PI sans betterave	PI avec betterave	céréales - colza	C+ sans betterave	C+ avec betterave	Total	Assolement reconstitué
Part dans l'assolement										
Durée de la rotation (ans)										
Céréales	345									253
Oléagineux	90									81
Protéagineux	23									94
Luzerne	1									38
Cultures industrielles	44									35
TOTAL kha	500									500

45% AB dont 30% autonome en azote
 45% en PI +
 10 % en Conv.+

Moins de céréales
 Plus de légumineuses graines
 Plus de luzerne





Déroulement de la régionalisation

2013	2014	2015
------	------	------

Comité National de Suivi

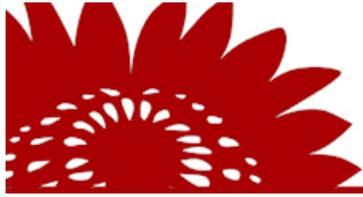


Conseil Scientifique

Plénières régionales (+ Comité Régional de Suivi)

sol et civilisation

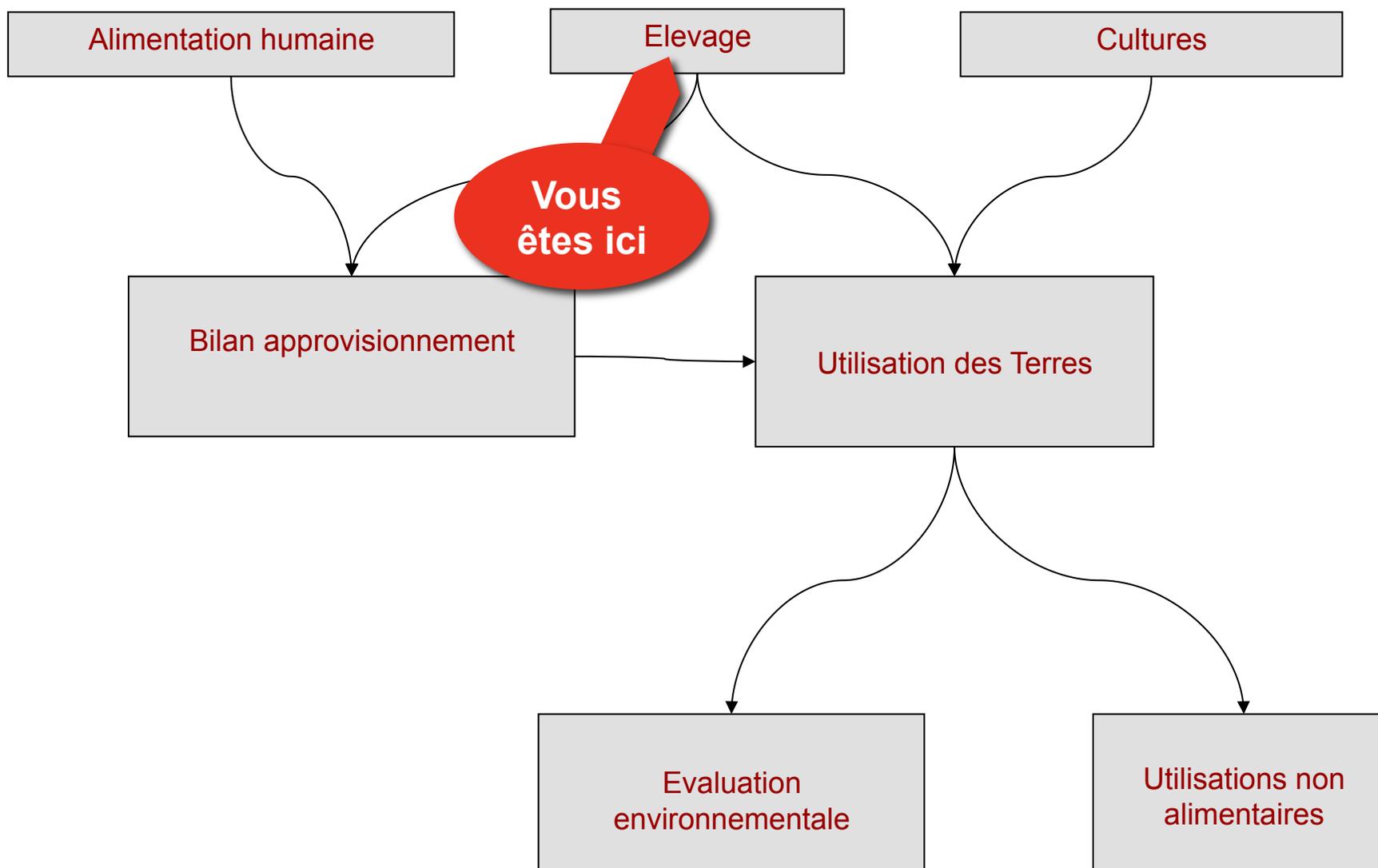
Ateliers thématiques

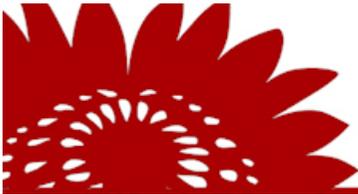


BOVINS

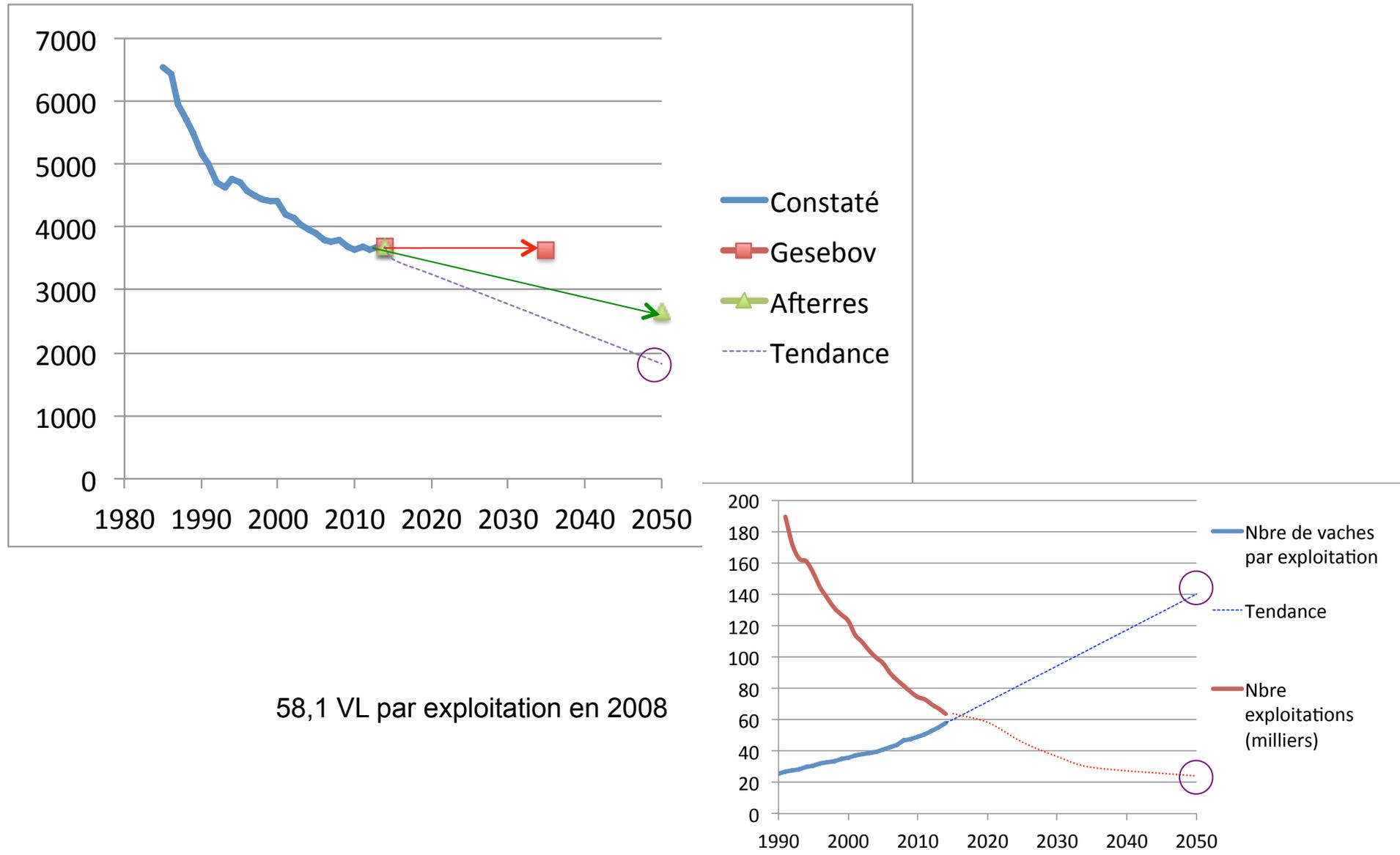


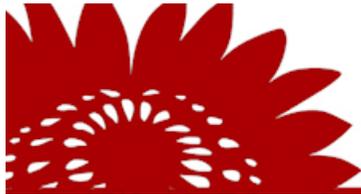
Séquence : élevages





Scénario « tendanciel » ?





Ruminants

- **Avantages :**
 - capables de digérer la cellulose (flore bactérienne du rumen)
 - Donc aptes à valoriser les prairies naturelles (HNV) => **le stockage de carbone dans les sols de prairies compense en partie les émissions de méthane ($\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$)**
- **Inconvénients :**
 - rendement énergétique moyen => forte occupation de l'espace
 - émetteurs de méthane



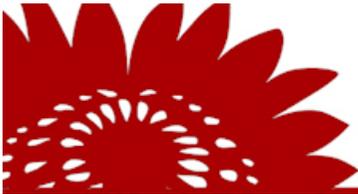
Régime à l'herbe

Non ruminants (omnivores, granivores, ruminants nourris au grain)

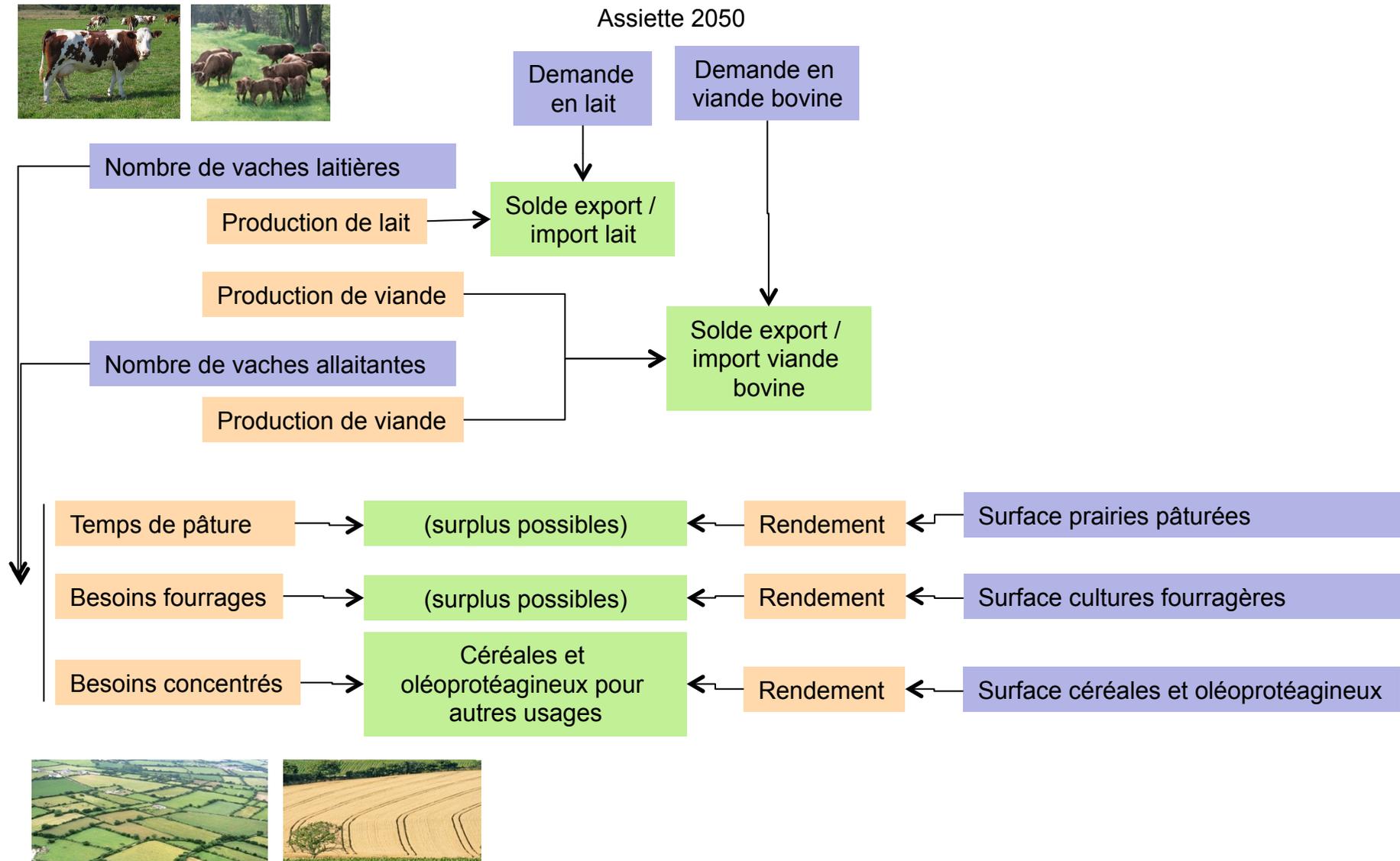
- **Avantages :**
 - Bon rendement énergétique => faible occupation de l'espace
 - Faibles émetteurs de méthane
- **Inconvénients :**
 - Incapable de digérer la cellulose
 - À nourrir avec du grain : compétition alimentation humaine

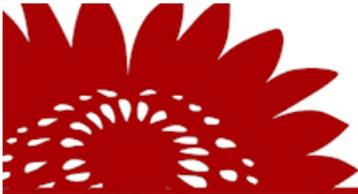


Régime au grain



Exemple des types de calculs effectués





Les bovins dans ATERRES2050 : moins de têtes, plus d'herbe, plus de races mixtes



« Bovins lait »



« Bovins viande »



Bovins mixtes



Cheptel bovin - 1970



Races laitières

Prim Holstein



Normande



Montbéliarde



Races mixtes

Races mixte de montagne



Autres races



Races à viande de montagne



Races à viande

Blonde d'A.



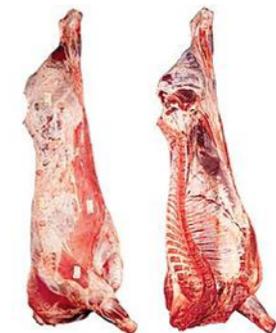
Limousine



Charolaise

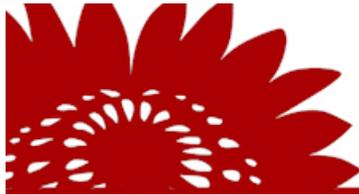


22 Mds litres



1,6 M tonnes

Cheptel bovin - 2010



23 Mds litres



1,5 M tonnes

Cheptel bovin - 2050



Races laitières

Prim Holstein



Normande



Montbéliarde



Races mixtes

Races mixte de montagne



Autres races



Races à viande de montagne



Races à viande

Blonde d'A.



Limousine



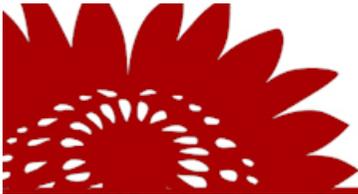
Charolaise



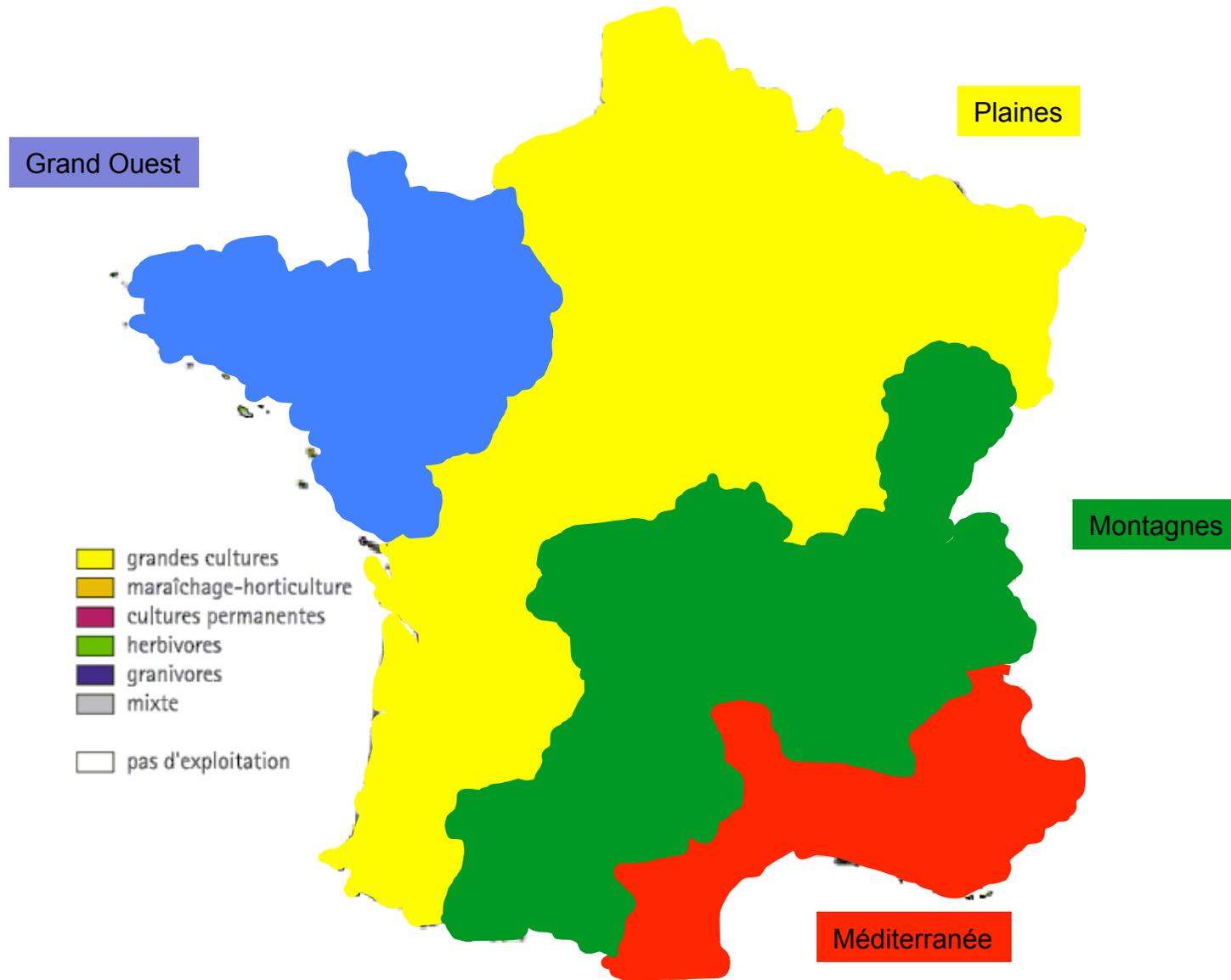
15 Mds litres



0,7 M tonnes

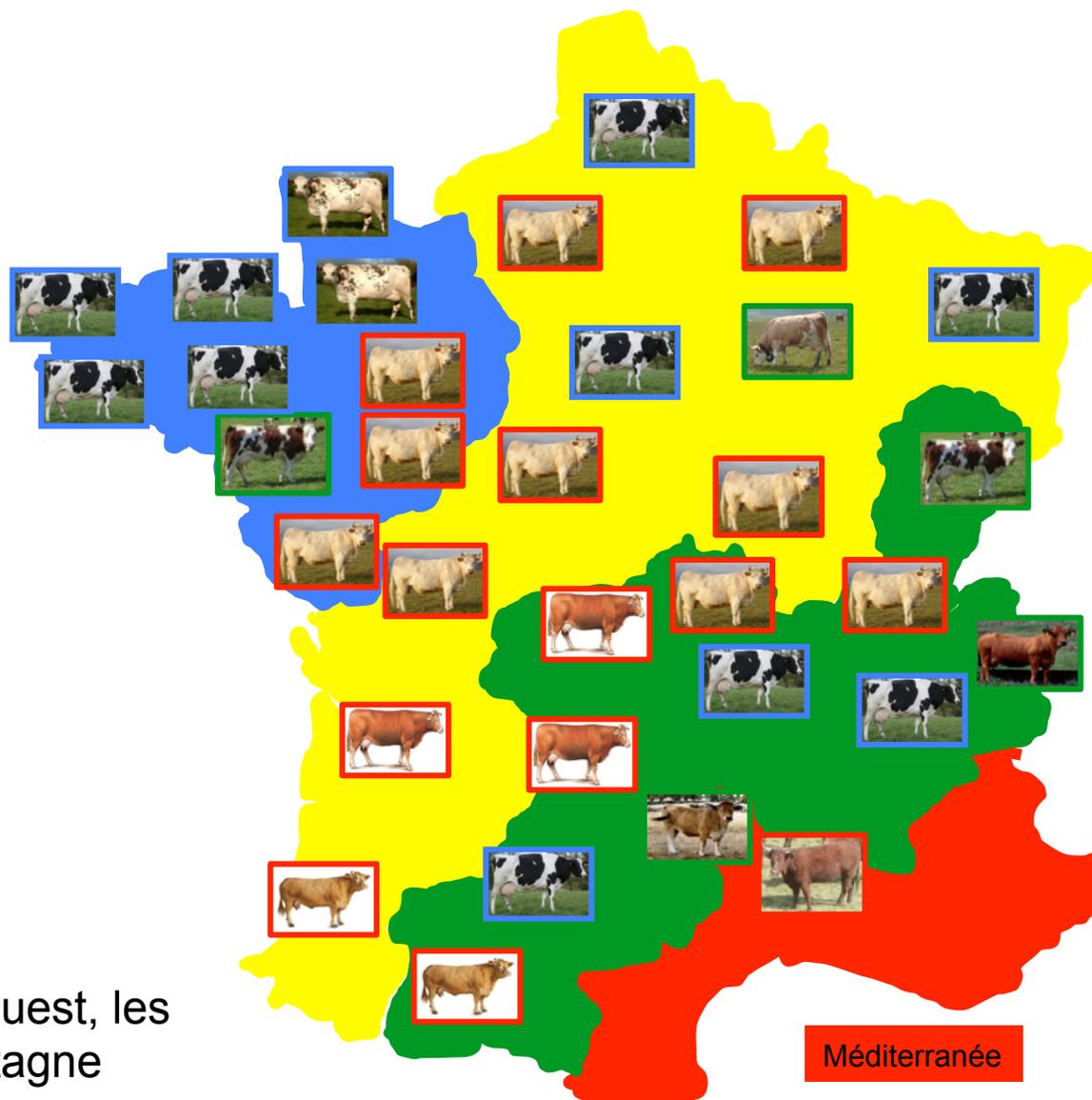


Couper la France en 4



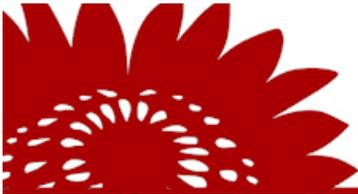


Cheptel bovin 2010



Les vaches à l'ouest, les prairies en montagne

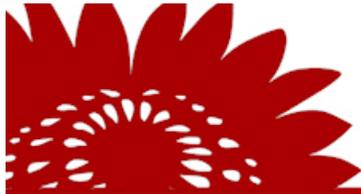
Méditerranée



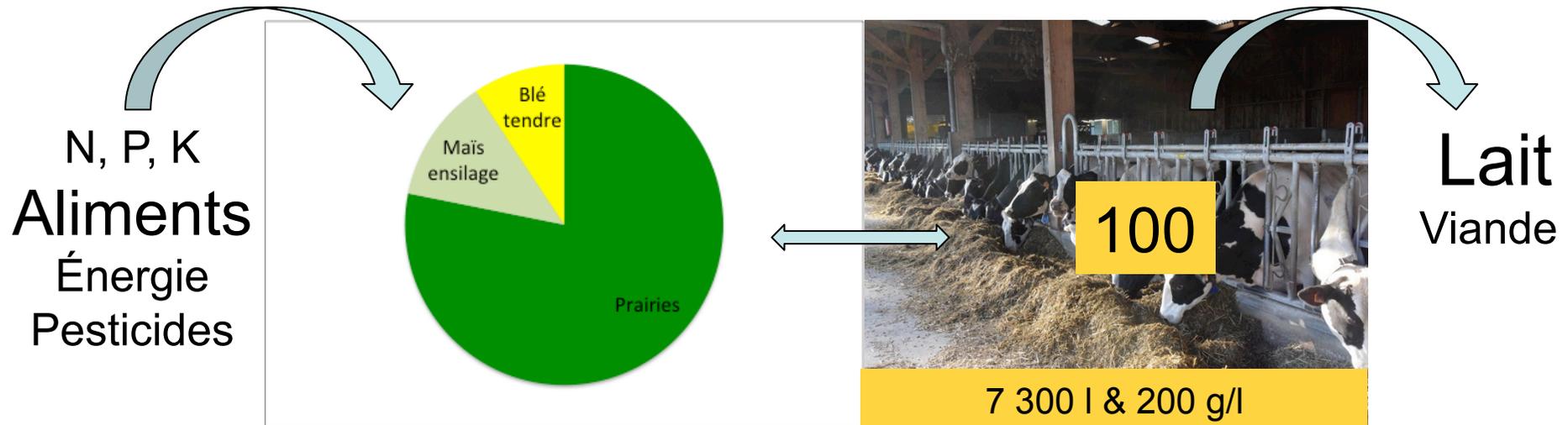
Cheptel bovin 2050



Méditerranée



Adaptation des fermes types d'élevage : Bovin « lait spécialisé » - IDELE



100 ha prairie permanente						
40 ha	Ensilage			Ensilage		
30 ha	Ensilage			pâturage		
30 ha	pâturage			pâturage		
	A	M	J	J	A	S

Production lait: ● ● ● ✗

Autres productions: ● ✗ ● ●

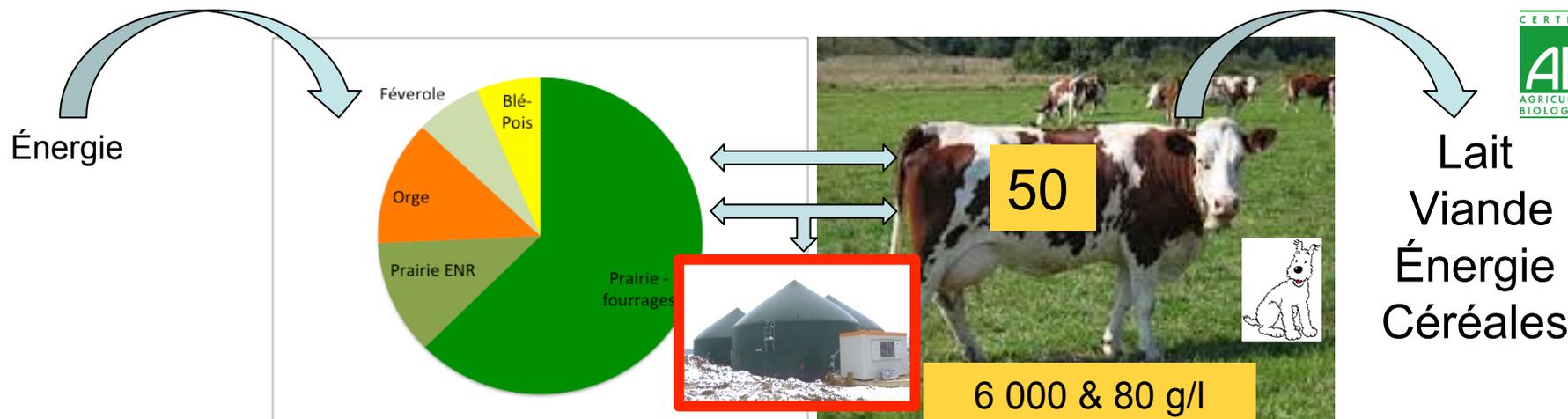
Autonomie alimentaire: ✗ ● ●

Autonomie N,P, K: ✗ ● ●

Résilience Climat: ● ✗ ●

Impacts env.: ● ✗ ●

Adaptation des fermes types d'élevage : Bovin lait – Picardie



100 ha prairie permanente							
16 ha	Méthanisation ou Foin "sécurité"				Méthanisation ou Foin "sécurité"		
16 ha							
38 ha	Foin/ensilage				Foin		
15 ha					pâturage		
15 ha	pâturage						
	M	A	M	J	J	A	S O

Production lait: ● (red), ● (orange with X), ● (green)

Autres productions: ● (red), ● (orange), ● (green with X)

Autonomie alimentaire: ● (red), ● (orange), ● (green with X)

Autonomie N,P, K: ● (red), ● (orange), ● (green with X)

Résilience Climat: ● (red), ● (orange with X), ● (green)

Impacts env.: ● (red), ● (orange), ● (green with X)



Principes de répartition et dimensionnement du cheptel bovin et des prairies naturelles

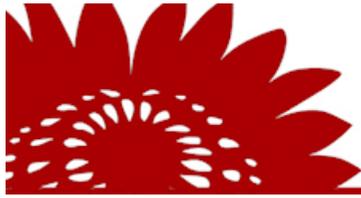


Contexte :

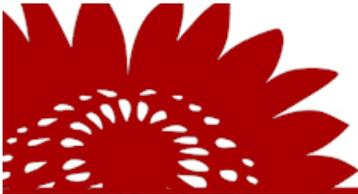
- Diviser par 2 à 2,5 le troupeau bovin au niveau national (atteinte du Facteur 2)

Objectifs :

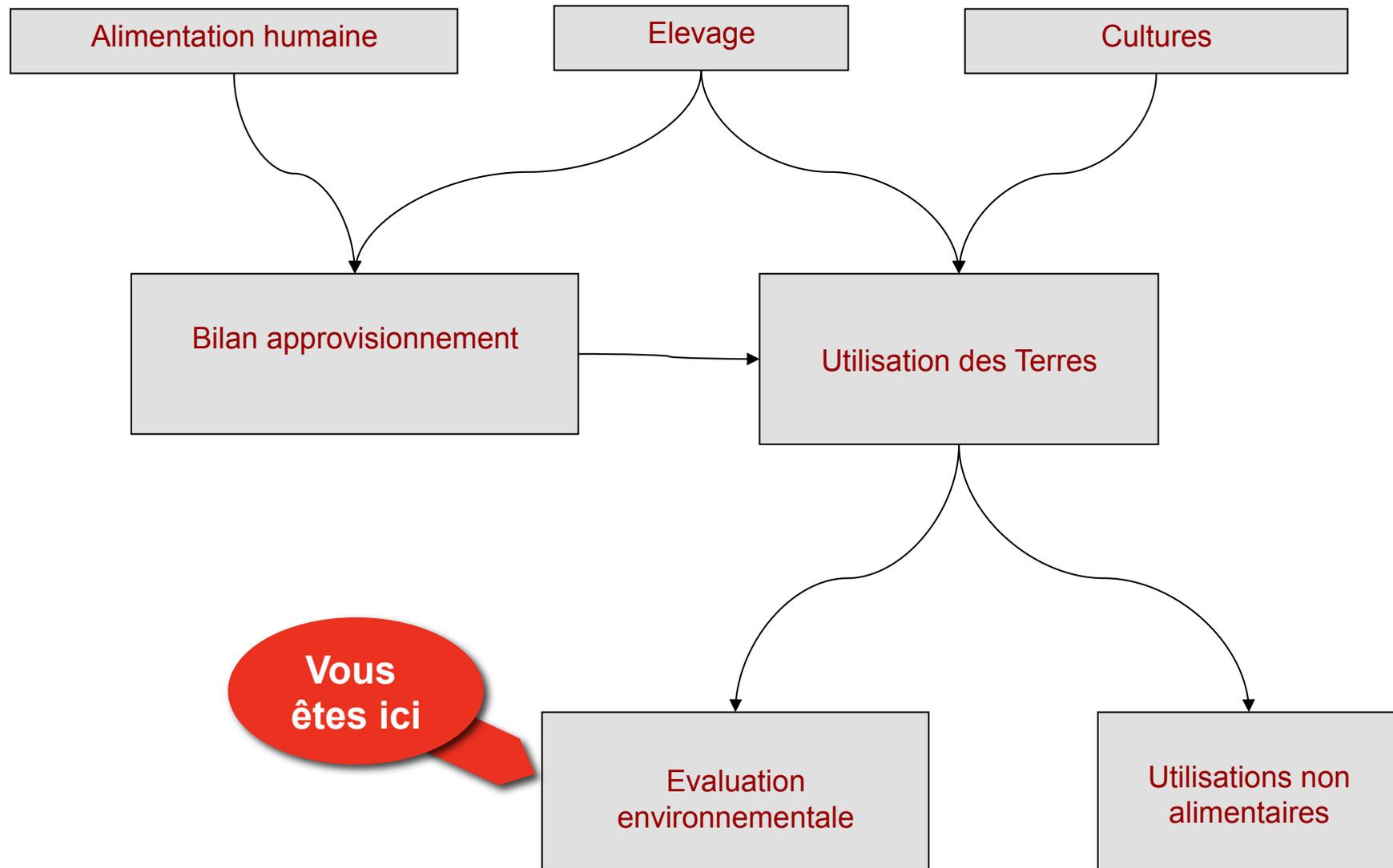
- Limiter la perte de prairies naturelles, (< 1 Mha : division par 2 du rythme annuel de perte de prairies)
- Limiter l'amplitude des variations du cheptel / aujourd'hui au niveau régional (raisons sociales et industrielles)
- Favoriser les races mixtes (priorité à la production de lait, mais produire viande bovine de qualité)
- Prioriser l'alimentation à l'herbe et à la pâture et réduire les concentrés (optimisation de l'utilisation des ressources et surfaces)
- Ne pas convertir les terres à blé en terres à fourrage
- Augmenter l'autonomie en lait au niveau régional
- Maintenir le solde exportateur de produits laitiers
- Conserver un cheptel allaitant dans les régions où il est dominant aujourd'hui

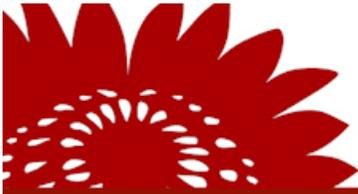


FORÊT-BOIS



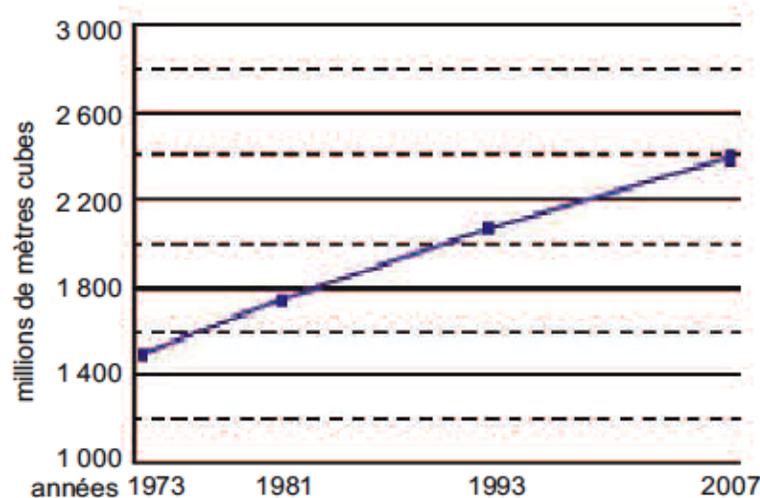
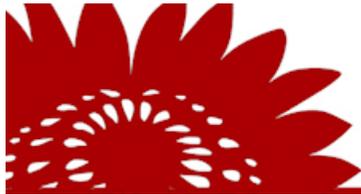
Séquence : Evaluation des scénarios





En 2050, de nouveaux territoires pour les arbres

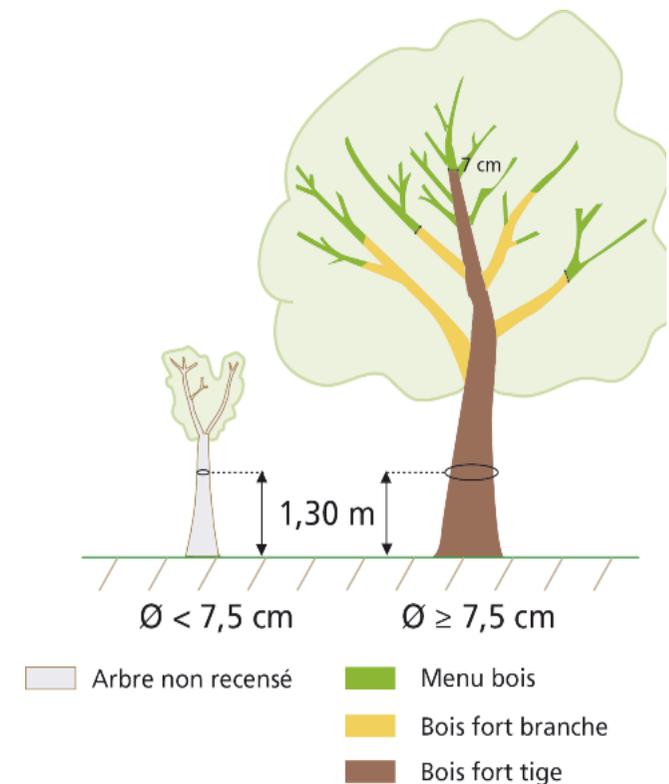




Évolution du volume sur pied en France sur le dernier quart de siècle

- La production biologique
 - donnée IFN : « bois fort tige » (révision Octobre 2011) = 85-90 Mm³ « bois rond sur écorce » de production biologique, soit 5,5 m³/ha
 - « Bois fort branche » + menu bois = bois fort tige x facteur d'expansion (programme CARBOFOR)
 - Total biomasse (hors feuillage) : environ **130 Mm³**

- **Le stock sur pied**
 - 2,4 milliards de m³ bois fort tige
 - +25 Mm³ d'accroissement annuel

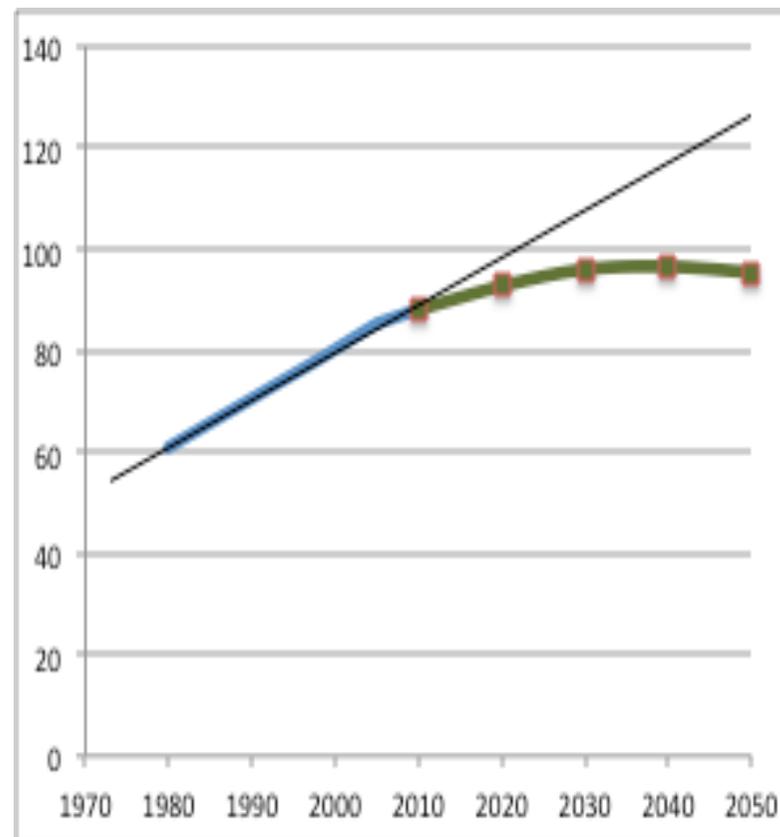




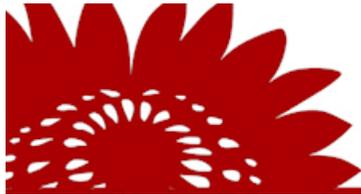
La forêt en 2050 : les hypothèses Afterres2050



- Faible augmentation des surfaces, mais la productivité continue à croître (forêt jeune)
 - La **surface continue à croître (17 Mha en 2050, hors boisement des terres agricoles)**
 - La production biologique augmente encore (effets structurels)...
 - puis atteint un plafond (les **effets négatifs du changement climatique** l'emportent sur les bénéfiques, peut être plus tôt que prévu)
 - Pas d'intensification (TCR), sauf exceptions
 - production biologique = 95 Mm³ bois fort tige soit environ **140 Mm³** total
 - Accroissement du stock de carbone malgré une **augmentation des prélèvements**



Production biologique bois fort tige :
historique 1970-2010 et hypothèses
prospective



Forêt et changement climatique 2050-2100

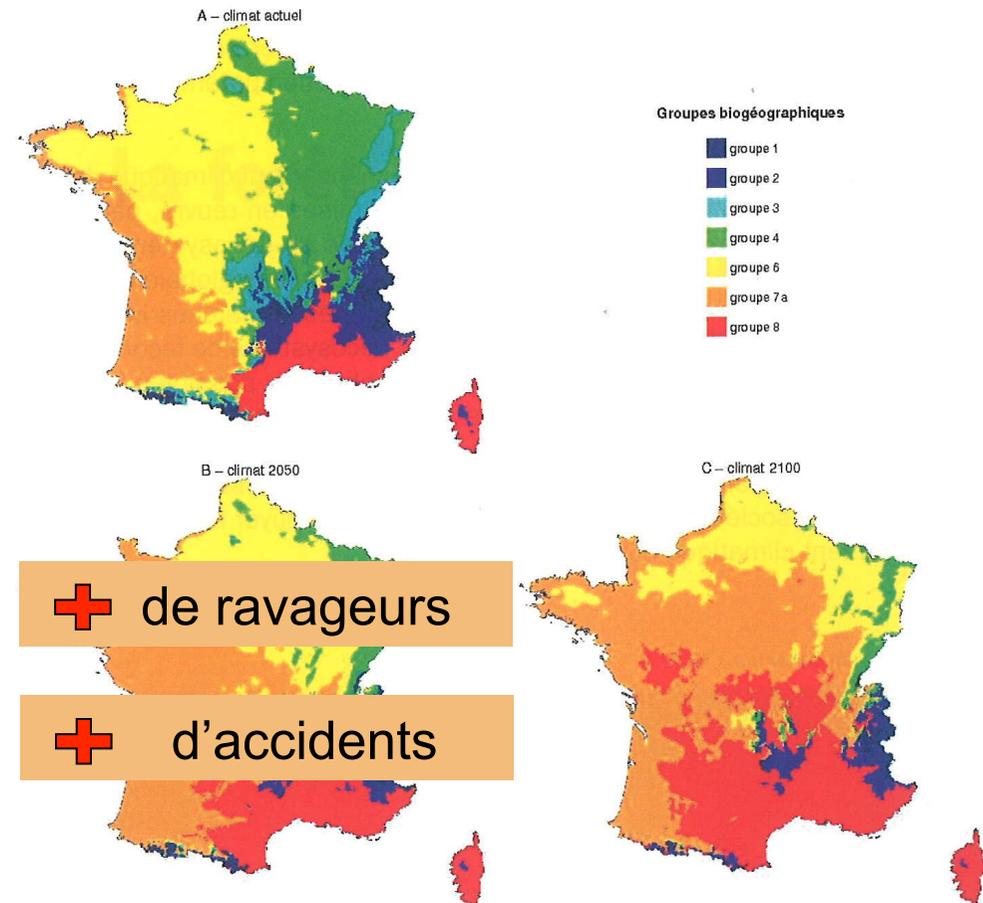
Document ressource: « l'arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change » ONERC décembre 2014 »

Les bioclimats de France et leur projection en climat futur

Quelle forêt en 2050-2100?

Devenir des essences emblématiques (travaux en cours)

- **Grands feuillus de plaine** : incertitudes importantes, mais un fort recul potentiel
- Une extension des zones climatiquement favorable au **chêne vert**
- Les **résineux de montagne** : régression globale et changement d'équilibre
- Le **pin**: expansion du pin maritime, recul du pin sylvestre?



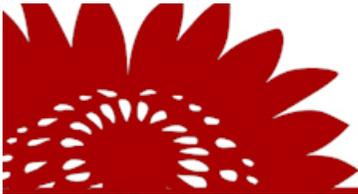
(a) Répartition géographique de sept groupes d'espèces de même affinité climatique, obtenus par analyse discriminante sur le climat actuel ;

(b) Projection de ces bioclimats en 2050 ;

(c) Projection de ces bioclimats en 2100.

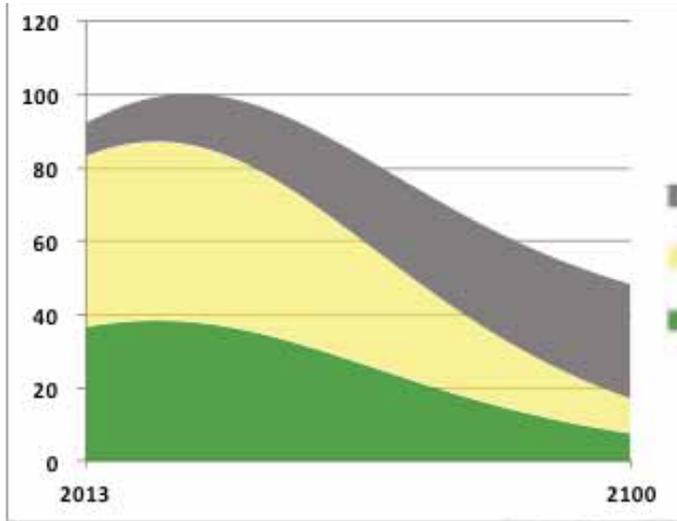
Scénario A2 Arpège.

Source : Badeau, in Loustau, éd., Quae, 2010.

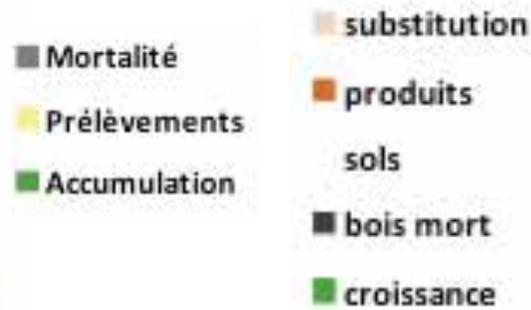


Prospective forêt horizon 2100

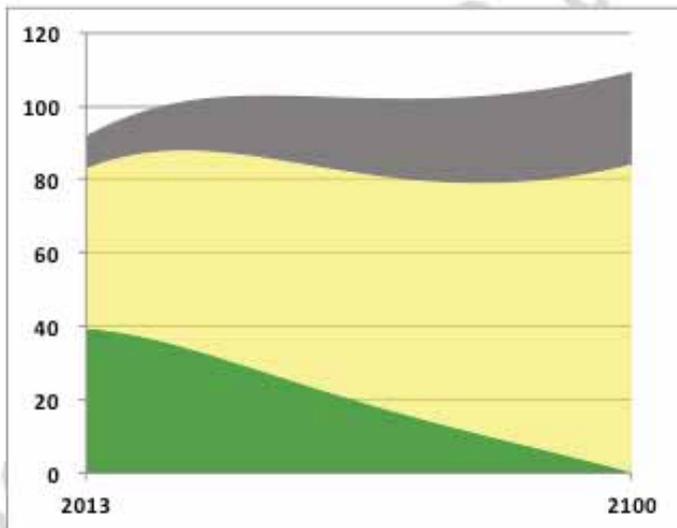
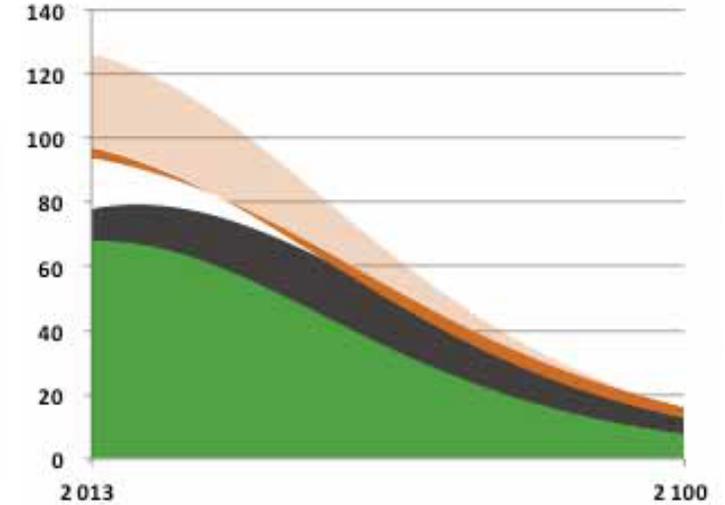
Mm³



Scénario sylviculture constante :
déperissement par mortalité

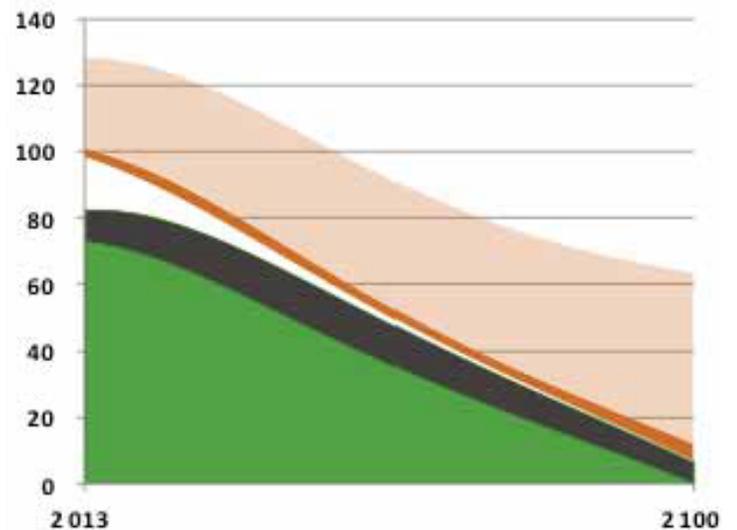


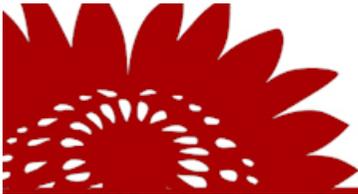
MtC



Scénario prélèvement aligné
sur « 100% de la production
biologique en 2100 »

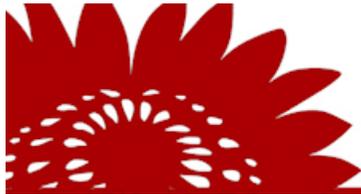
Source : *travaux exploratoires* de
J-L. Peyron, ECOFOR, in « Climat,
Forêt, Société – Livre Vert », Y.
Caulet, Nov. 2015





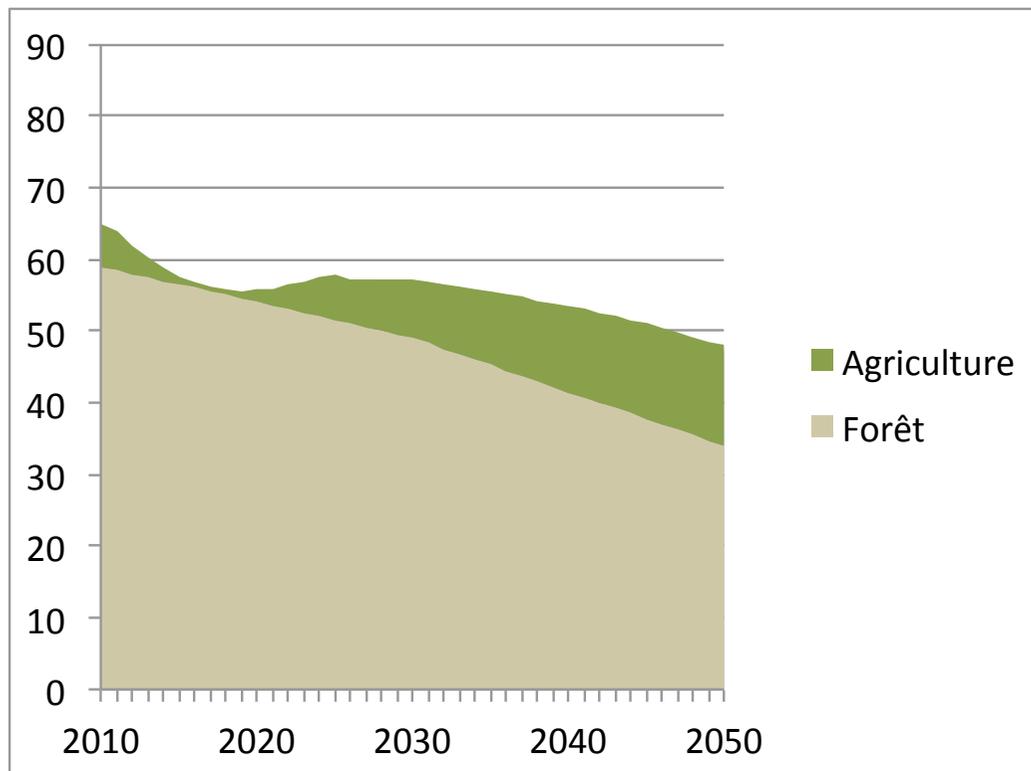
En 2050, une multiplication des débouchés



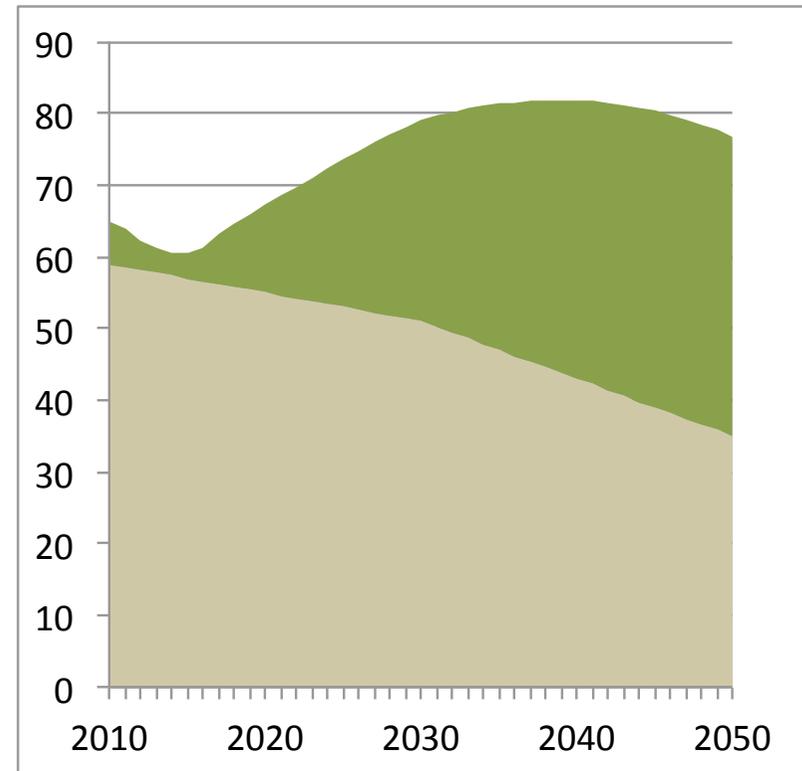


Puits de carbone en MteqCO₂ par an (y compris changement affectation des sols)

Tendanciel



Afterres





Hypothèses futurs prélèvements en forêt



Mm ³ (vol. total aérien)	2010	2030	2050
Production biologique :			
bois fort tige	88	94	93
Volume total aérien	132	141	140
Taux de prélèvement	46%	58%	65%
Quantités prélevées	58	84	91
Pertes d'exploitation	5	8	9
Bois d'œuvre	22	29	29
Autre bois matériau	12	16	17
Bois énergie	19	31	35

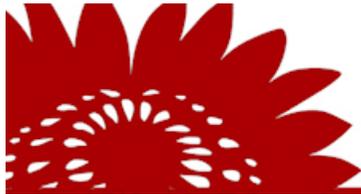


ÉNERGIE

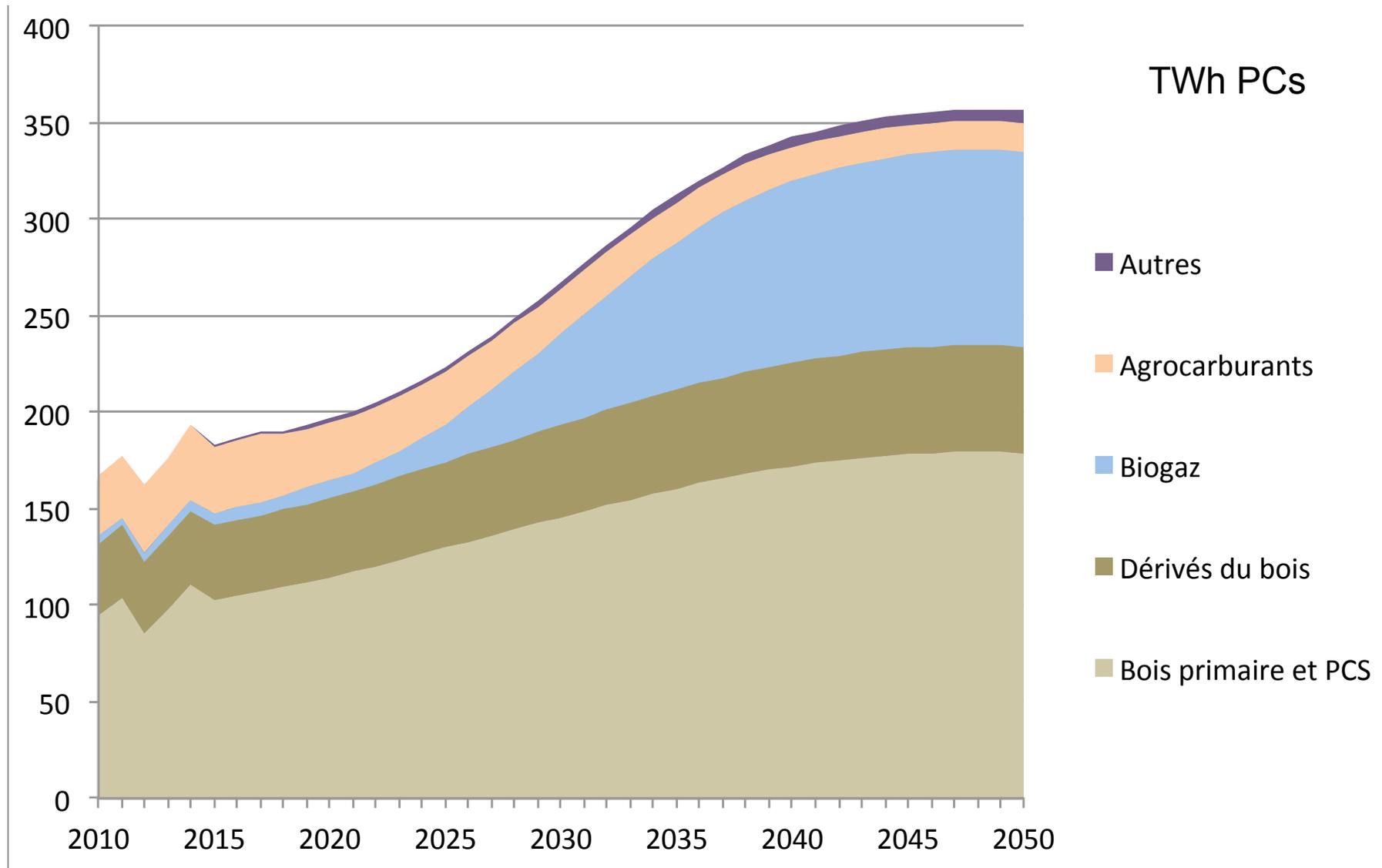


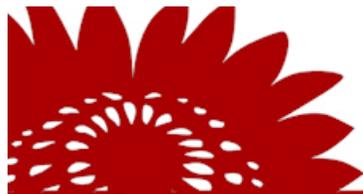
Production de bioénergies (Afterres2050)

RESSOURCES BRUTES (TWh PCs)	2010 *	2030	2050
Biomasse solide			
Bois énergie issu de la forêt	53	80	95
Produits connexes de scierie	15	22	26
Bois énergie issus de l'agroforesterie et des arbres hors forêt	10	23	36
Déchets de bois	37	47	53
Autres produits dérivés du bois	16	18	18
Résidus de culture usage combustion	0	3	5
Biogaz	4	52	124
Déchets alimentaires	3	5	9
Déjections d'élevage méthanisées	1	13	29
Résidus de culture méthanisés	0	18	29
Cultures intermédiaires méthanisées	0	12	43
Biogaz ex-prairie	0	3	14
Biomasse liquide	31	23	14
Ethanol	5	3	2
Biodiesel	26	20	12
TOTAL	167	267	372



Production de bioénergies (Afterres2050)





Biogaz



Potentiel

- La grande majorité des déjections d'élevage
- Un quart des résidus de culture (19 millions de tonnes)
- Cultures intermédiaires : 20 millions de tonnes de MS
- Récolte d'herbe sur l'équivalent de 2 Mha
- La majorité des biodéchets des ménages et des entreprises
- TOTAL 124 TWh PCI

Energie primaire, TWh – ATERRES 2050	2010	2030	2050
Déchets alimentaires et industriels	3	5	9
Déjections d'élevage méthanisées	1	13	29
Résidus de culture méthanisés	0	18	29
Cultures intermédiaires méthanisées	0	12	43
Biogaz ex-prairie	0	3	14
TOTAL	4	52	124





Les ressources actuelles : déjections d'élevage, déchets IAA, boues urbaines, biodéchets

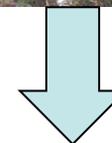




Retour au sol du carbone stable et des nutriments, production d'énergie



- La méthanisation maintient intact le potentiel humique des matières entrantes (« carbone stable »)
- Conserver 50% de la production de carbone total (grain, paille, chaumes, racines), y compris « carbone labile » => taux de prélèvement maximal des résidus de culture + cultures intermédiaires

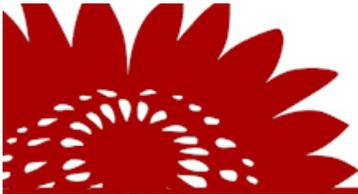




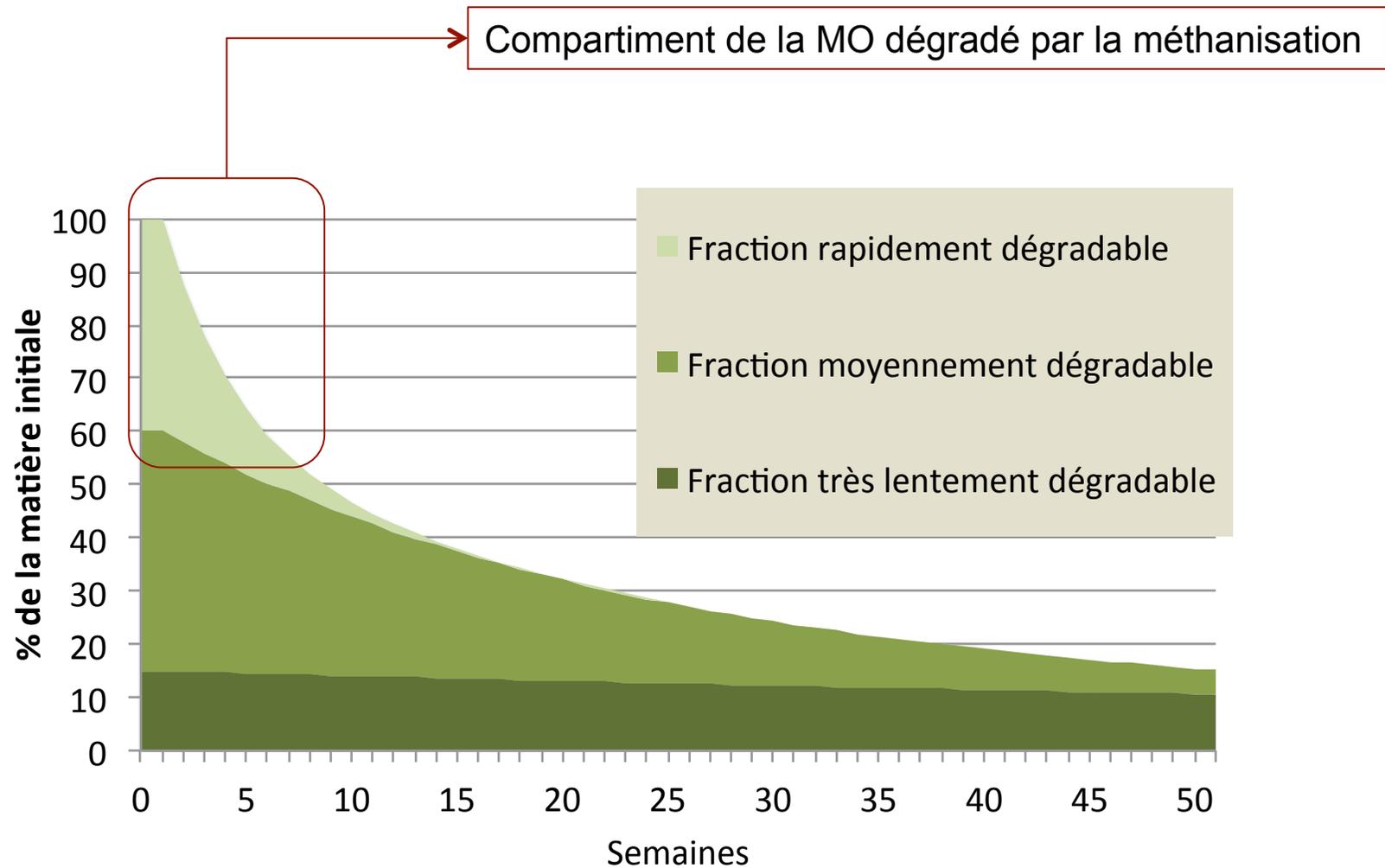
Bilan azote AFTERRES 2050



Bilan azote « sols agricoles » 2010	2010		2050	
	Entrées	Sorties	Entrées	Sorties
Fourniture primaire d'azote				
Engrais minéraux	2 550		1 020	
Fixation symbiotique	690		1 700	
Exportations d'azote				
Exportations par les prairies pâturées et les fourrages		1 990		1 610
Exportations par les cultures		2 190		2 950
Flux de recyclage et de recirculation				
Redéposition atmosphérique	570		370	
Retour via la pâture	550		280	
Retour via les effluents d'élevage	690		360	
Retour via les résidus de culture non prélevés	630		370	
Retour via les digestats (déjections, herbe de prairie, résidus de culture, cultures intercalaires)	-		1 380	
Pertes diffuses				
Pertes par volatilisation et lessivage		1 550		920
TOTAL	5 720	5 720	5 470	5 470



Impact de la méthanisation sur la MO labile





Biocarburants : 1^{ère}? 2^{ème}? 3^{ème}? ou ancienne génération ...



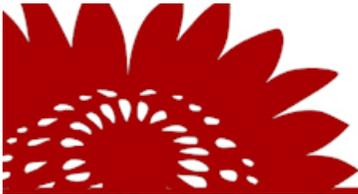
Vélobus & pédibus

Modèle 0,08 mule-vapeur , estomac 1,3 litres,
consommation 30 g de céréales bio par km

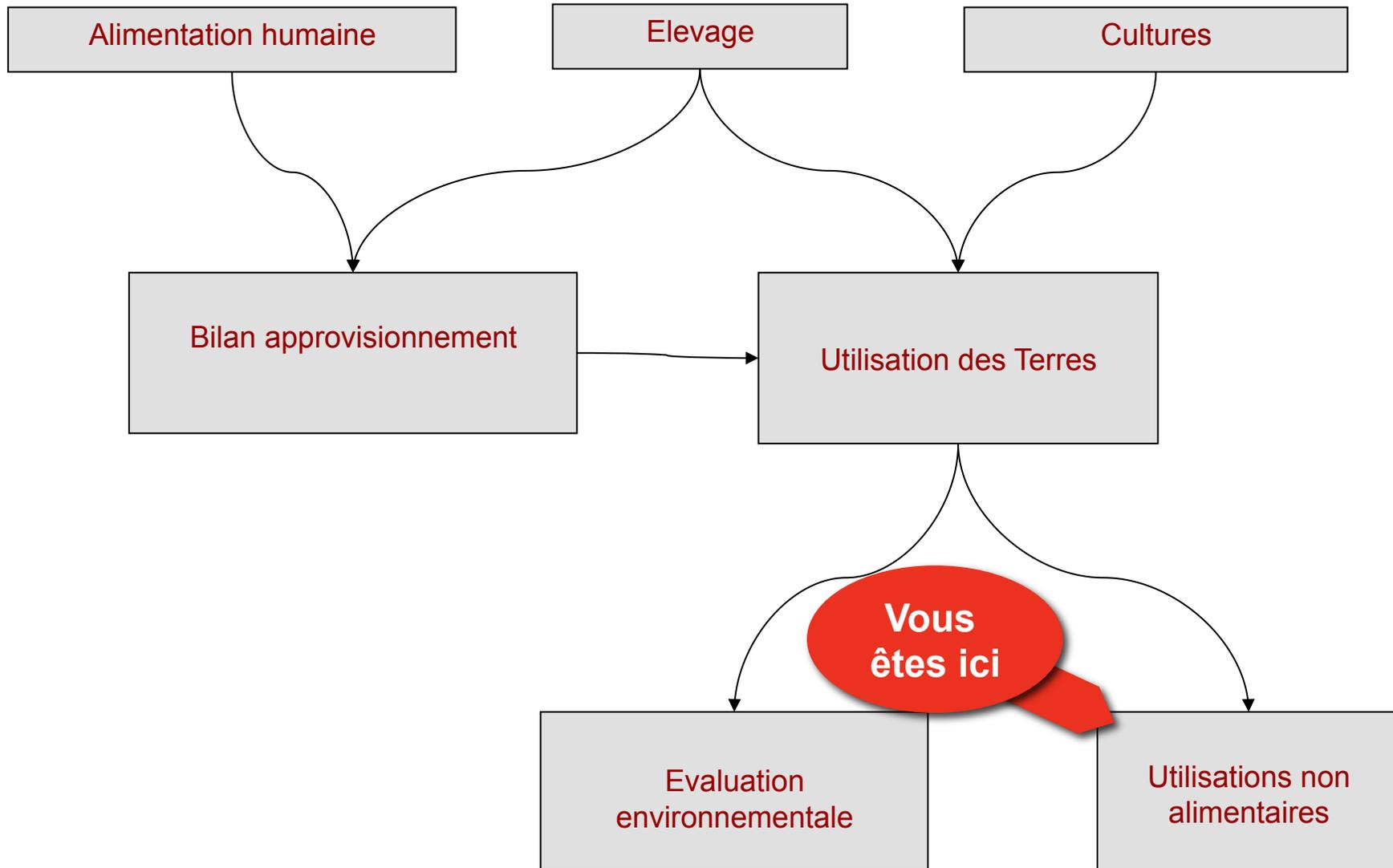




RÉSULTATS



Séquence : Utilisations non alimentaires





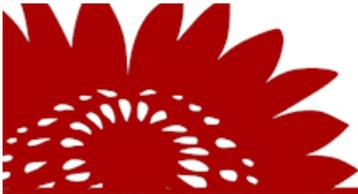
Solde exportateur net



Millions de tonnes de produits bruts	2010	2050	
		Tendancier	Afterres
ENSEMBLE	27	15	22
Céréales et maïs	31	28	20
Pommes de terre	1	1	-
Produits laitiers	7	7	7
Sucre	1,5	1,6	2,2
Viande, abats, graisses animales, œufs	-	-2	-
Boissons alcooliques	1,5	0,6	1
Tourteaux, huiles, oléoprotéagineux	-4	-7	0
Fruits et légumes	-8	-13	-8
Poissons et produits halieutiques	-2	-0,7	-0,7
Valeur énergétique (PJ)	370	260	310
Valeur GES du solde (MtéqCO2)	8	-7	5

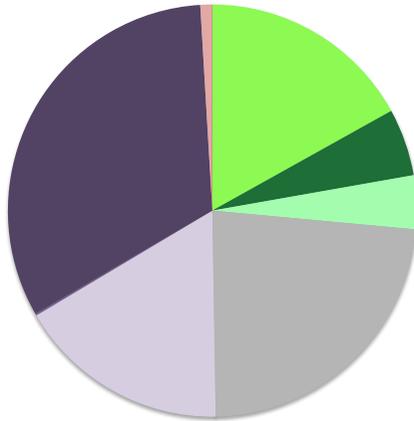


Scénario		Actuel
Année		2010
Disponibilité en protéines (+)	kt	2 301
Solde exportateur de lait (+)	kt	6 900
Valeur énergétique du solde exportateur (+)	PJ	367
Productions non alimentaires (+)	PJ	879
Empreinte gaz à effet de serre (-)	MteqCO2	117
Consommation d'azote minéral (-)	Mt	2,3
Emissions d'ammoniac (-)	kt	758
Indicateur phytosanitaires (-)	M doses NODU	88
Consommation d'eau en été (-)	Mds m3	2,01

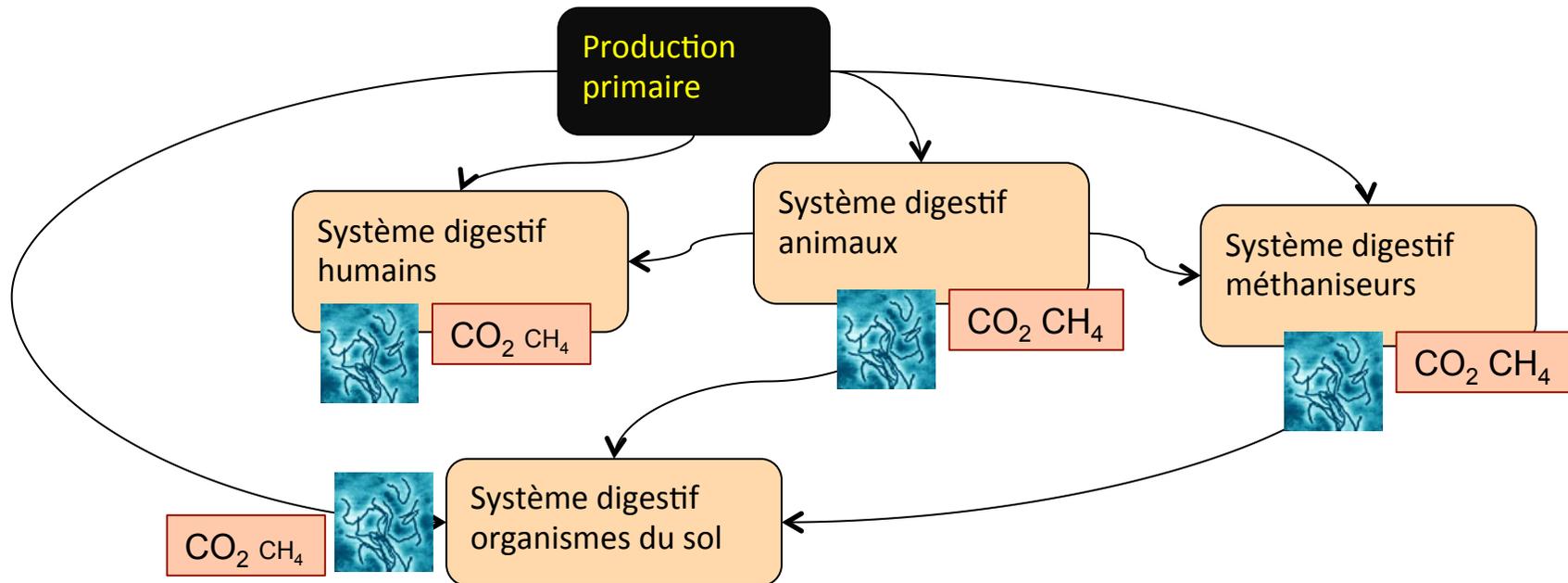


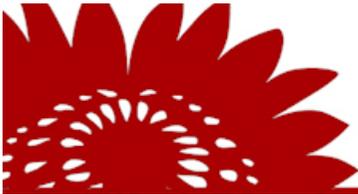
Indicateur : flux d'énergie / carbone (agriculture)

2010



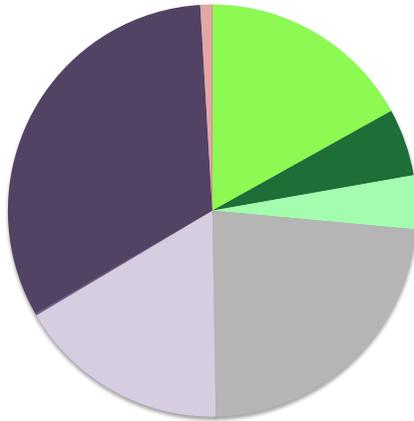
- exportations
- prod. végétales pour alimentation humaine intérieure
- prod. animales pour alimentation humaine intérieure
- pertes métabolisme animaux
- déjections d'élevage
- digestat
- reste aux champs
- énergie
- matériaux





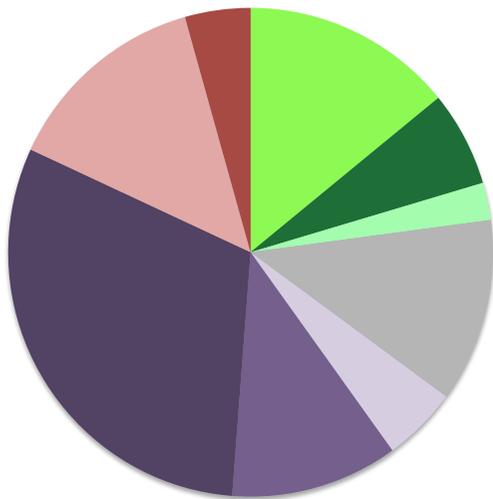
Indicateur : flux d'énergie / carbone (agriculture)

2010

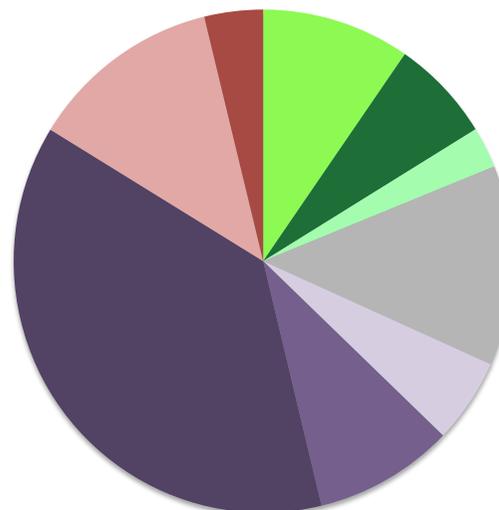


- exportations
- prod. végétales pour alimentation humaine intérieure
- prod. animales pour alimentation humaine intérieure
- pertes métabolisme animaux
- déjections d'élevage
- digestat
- reste aux champs
- énergie
- matériaux

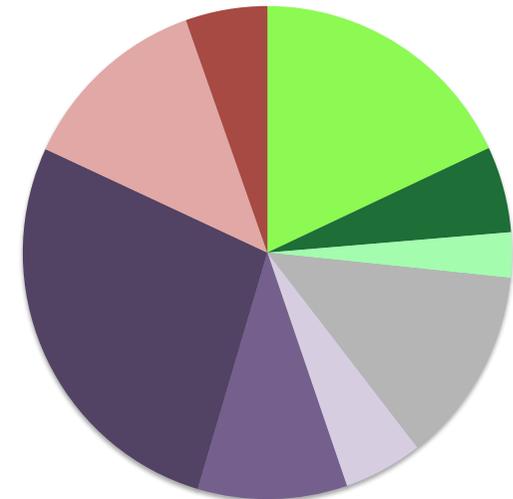
Afterres 2050



Santé, Alimentation, Biodiversité



Résilience & Production



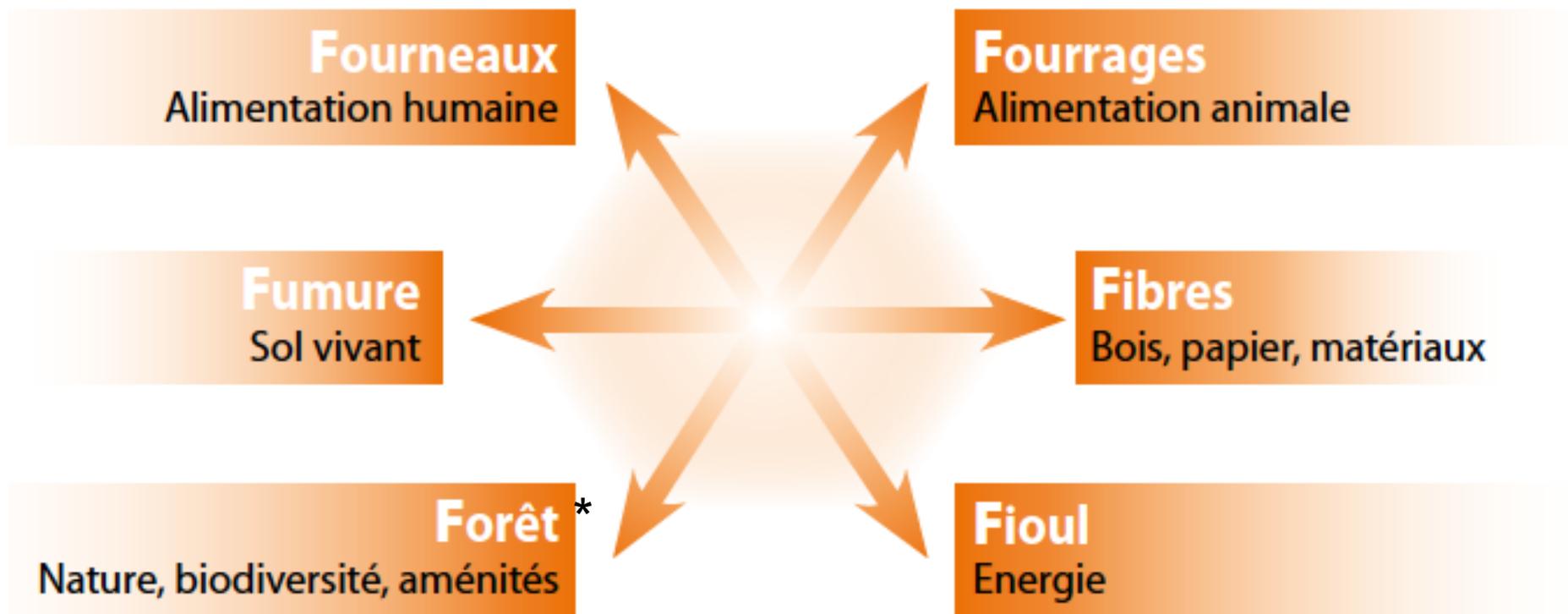


Indicateur : flux d'énergie / carbone (agriculture)

Valeur en PJ	Actuel	Tendanciel	Afterres	SAB	REP
Production primaire (photosynthèse)	4 202	4 163	4 285	4 042	4 173
Exportations pays tiers (alim H. + A.)	739	763	614	393	759
Productions végétales pour alimentation humaine intérieure	230	281	274	270	238
Productions animales pour alimentation humaine intérieure	184	173	108	108	125
Pertes métabolisme animaux	1014	819	529	526	541
Déjections d'élevage	730	528	218	223	220
Digestat		58	486	370	416
Végétaux laissés aux champs	1412	1503	1 335	1 534	1 149
Énergie	41	180	597	509	534
Matériaux	0	12	190	155	227
<i>Sous-total retour au champ</i>	<i>2136</i>	<i>2088</i>	<i>2038</i>	<i>2128</i>	<i>1784</i>



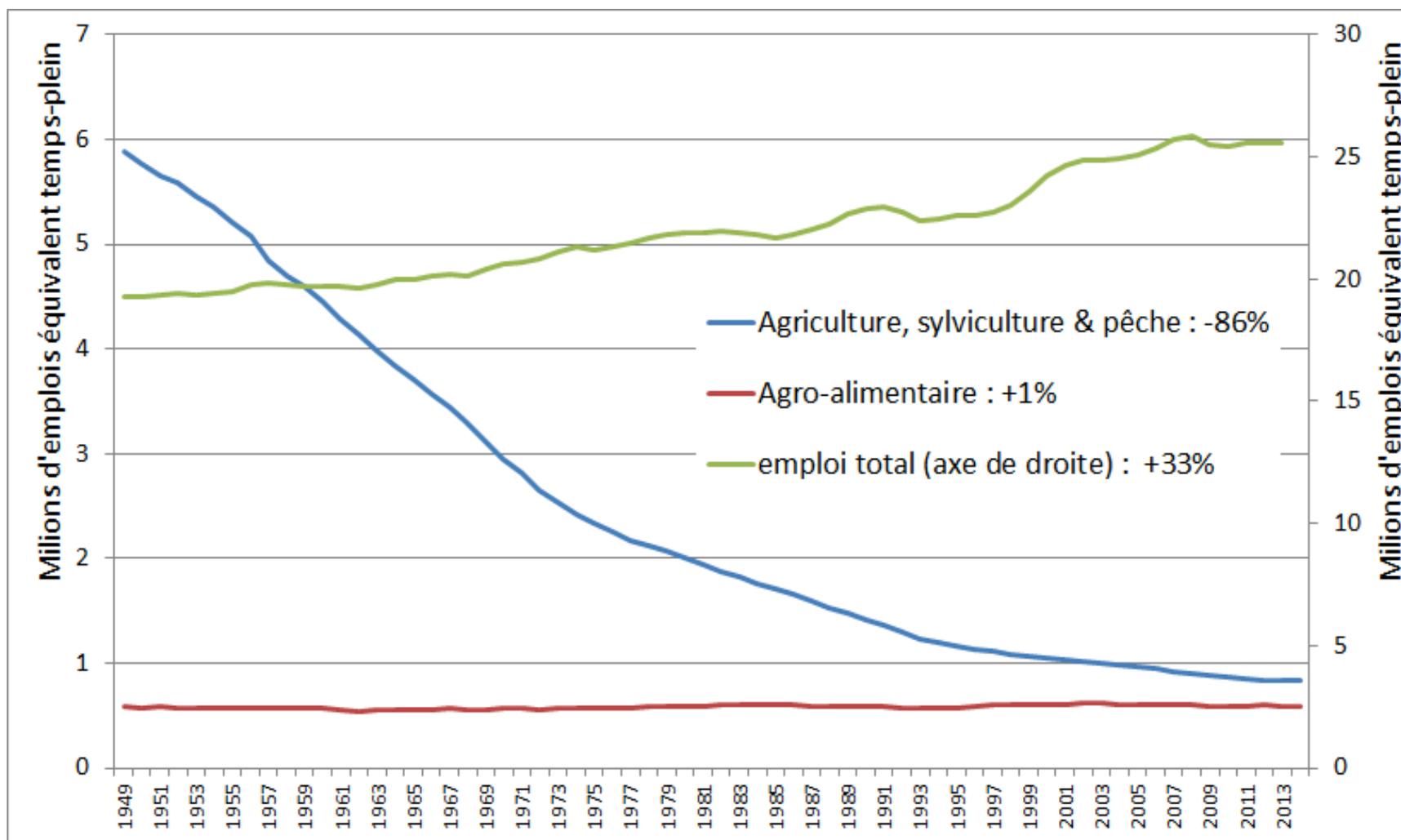
« L'hexalemne » des concurrences et/ou synergies d'usage des sols et de la biomasse

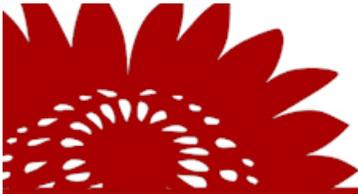


* *Foresta* (VII^e Siècle) : « territoire soustrait à l'usage général » ; « terrain sur lequel on a prononcé un ban, une proscription de culture, d'habitation »

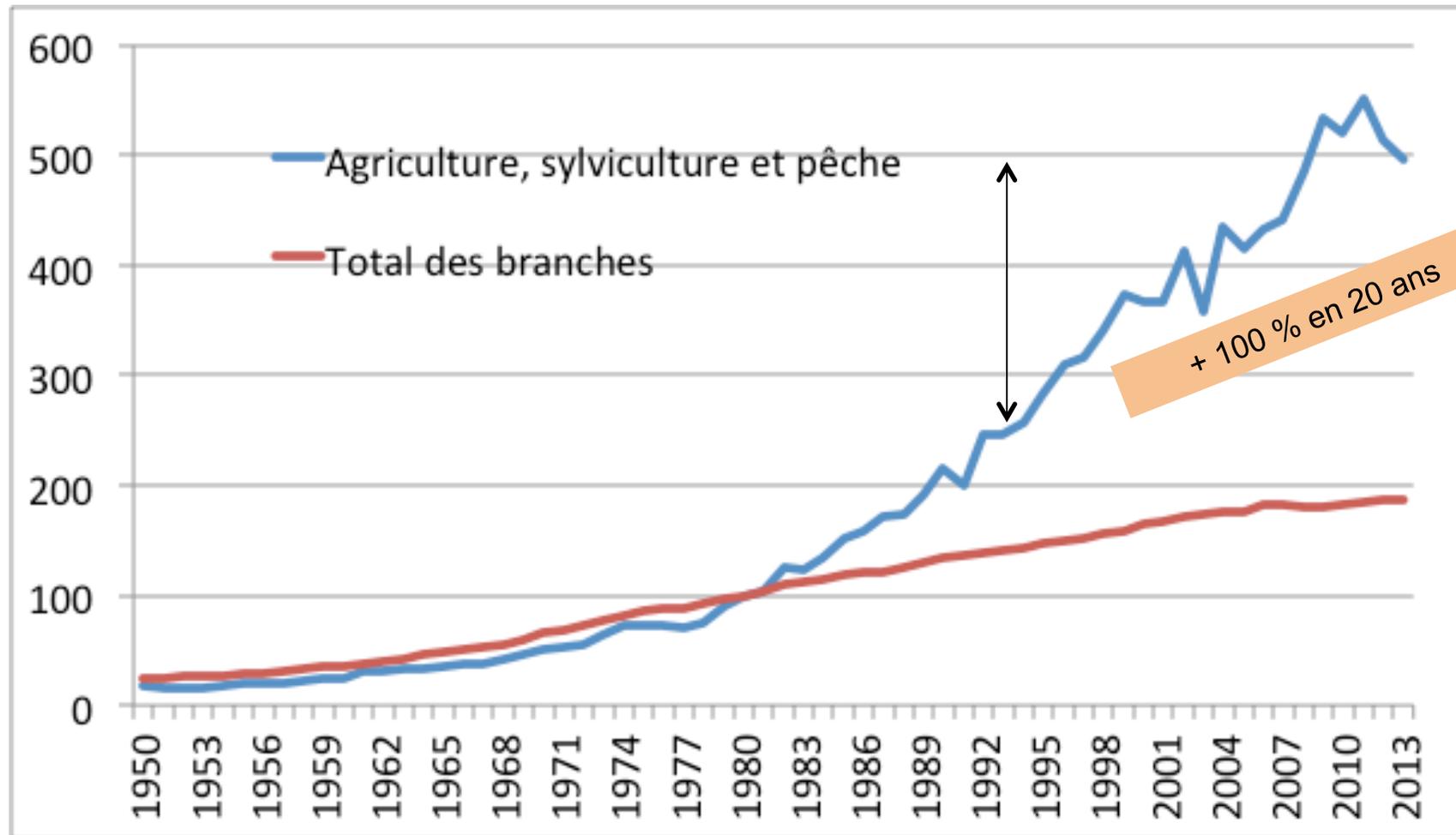


ÉCONOMIE ET EMPLOIS





Evolution de la productivité du travail



Source : INSEE
Base 100 en 1980

Productivité = valeur ajoutée / heure
Monnaie courante



Formation du revenu agricole

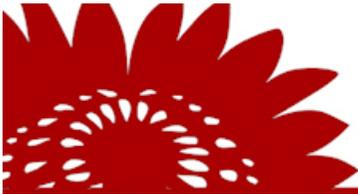


2013	Productions
Total	72,8
Productions végétales	41,9
Céréales	11,3
Vins	10,6
Fruits et légumes	7,8
Fourrages, plantes, fleurs	8,4
Autres productions végétales	3,8
Productions animales	26,4
Bétail	11,7
Volailles, œufs	4,9
Lait et autres	9,8
Services	4,5

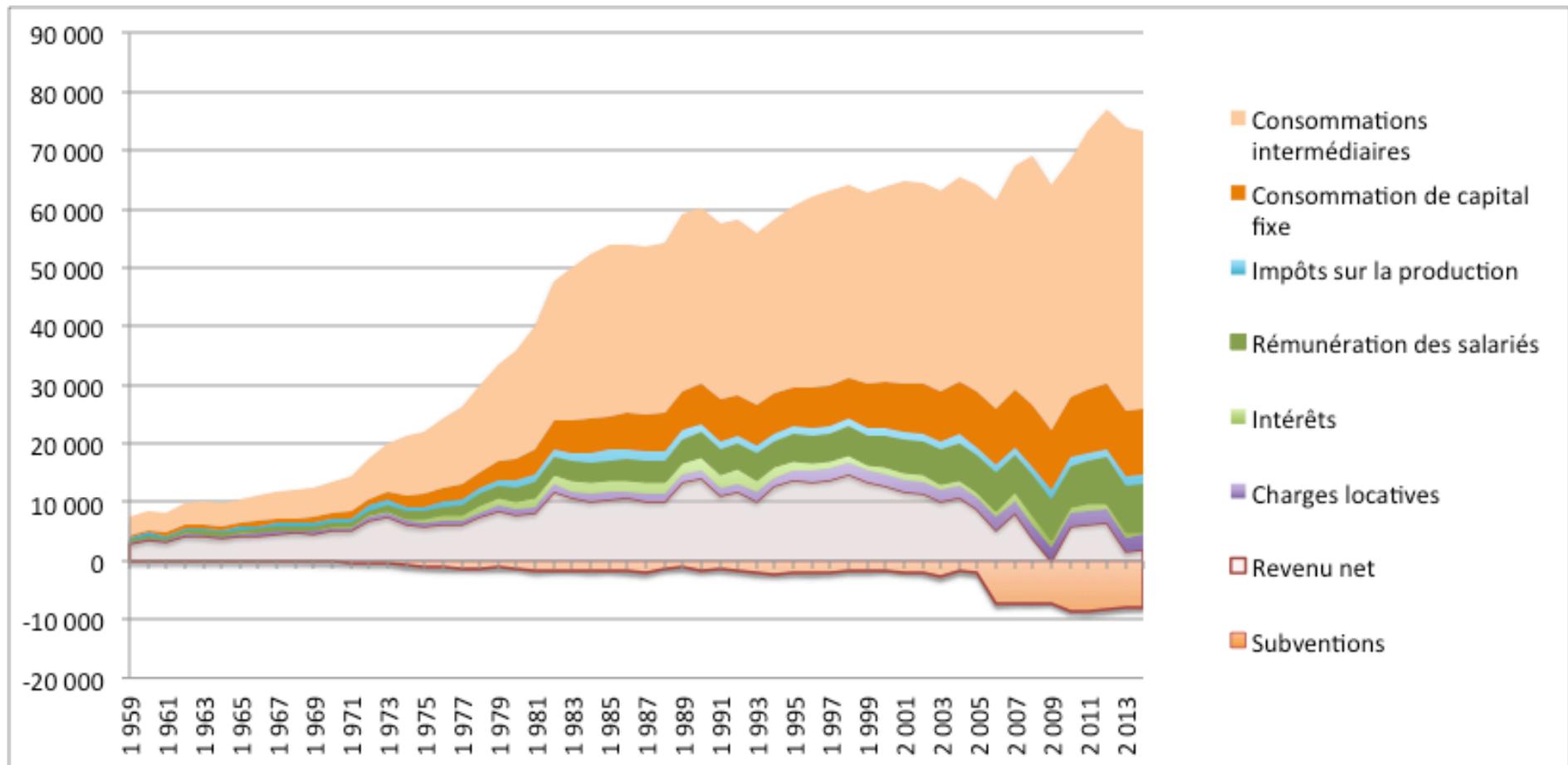
Formation du revenu	
Total	72,8
Consommations intermédiaires	48,4
Achats	39,9
Autres consom. interm.	8,5
Valeur ajoutée brute	25,5
Consommation de capital fixe	11,2
Valeur ajoutée nette	14,3
Rémunération des salariés	8,0
Charges locatives	2,5
Intérêts	0,4
Impôts sur la production	1,6
Subventions	-8,1
<i>Revenu net</i>	<i>9,6</i>

Source INSEE

Mds Euros



M€ - prix courants

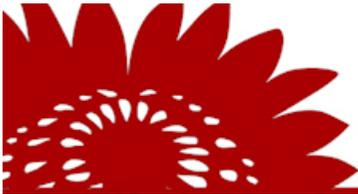




Emploi direct par branche et total

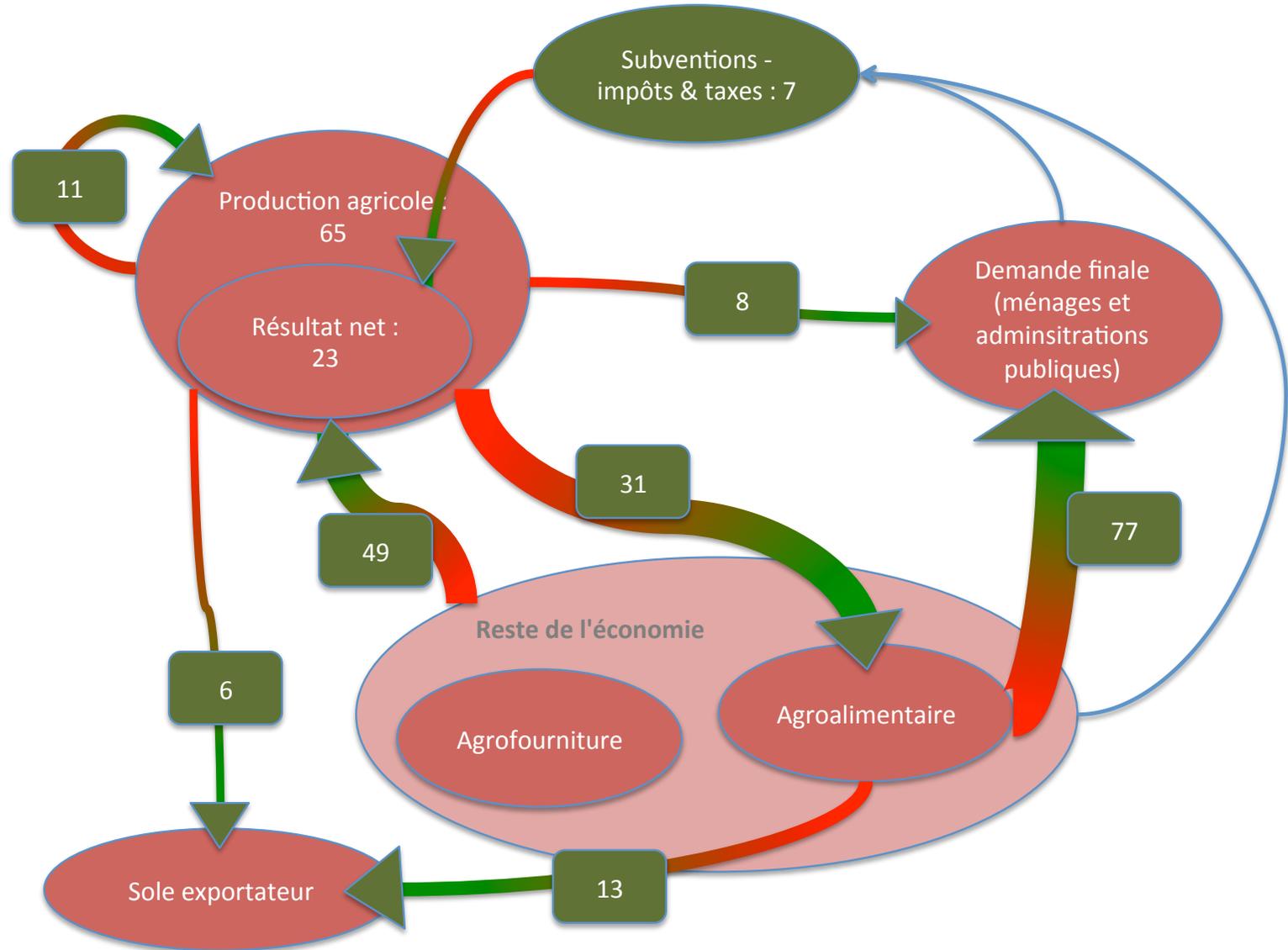


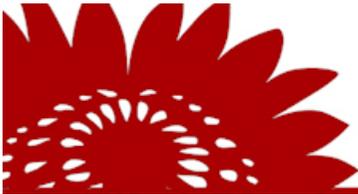
	Afterres/ Tendanciel
Products of agriculture, hunting and related services	73
Food products, beverages and tobacco products	-78
Machinery and equipment n.e.c.	6
Repair and installation services of machinery and equipment	5
Electricity, gas, steam and air-conditioning	-4
Constructions and construction works	18
Accommodation and food services	30
Architectural and engineering services; technical testing and analysis services	5
Public administration and defence services; compulsory social security services	13
Education services	11
Human health services	11
Social work services	11
<i>Autres branches</i>	42
Total	144



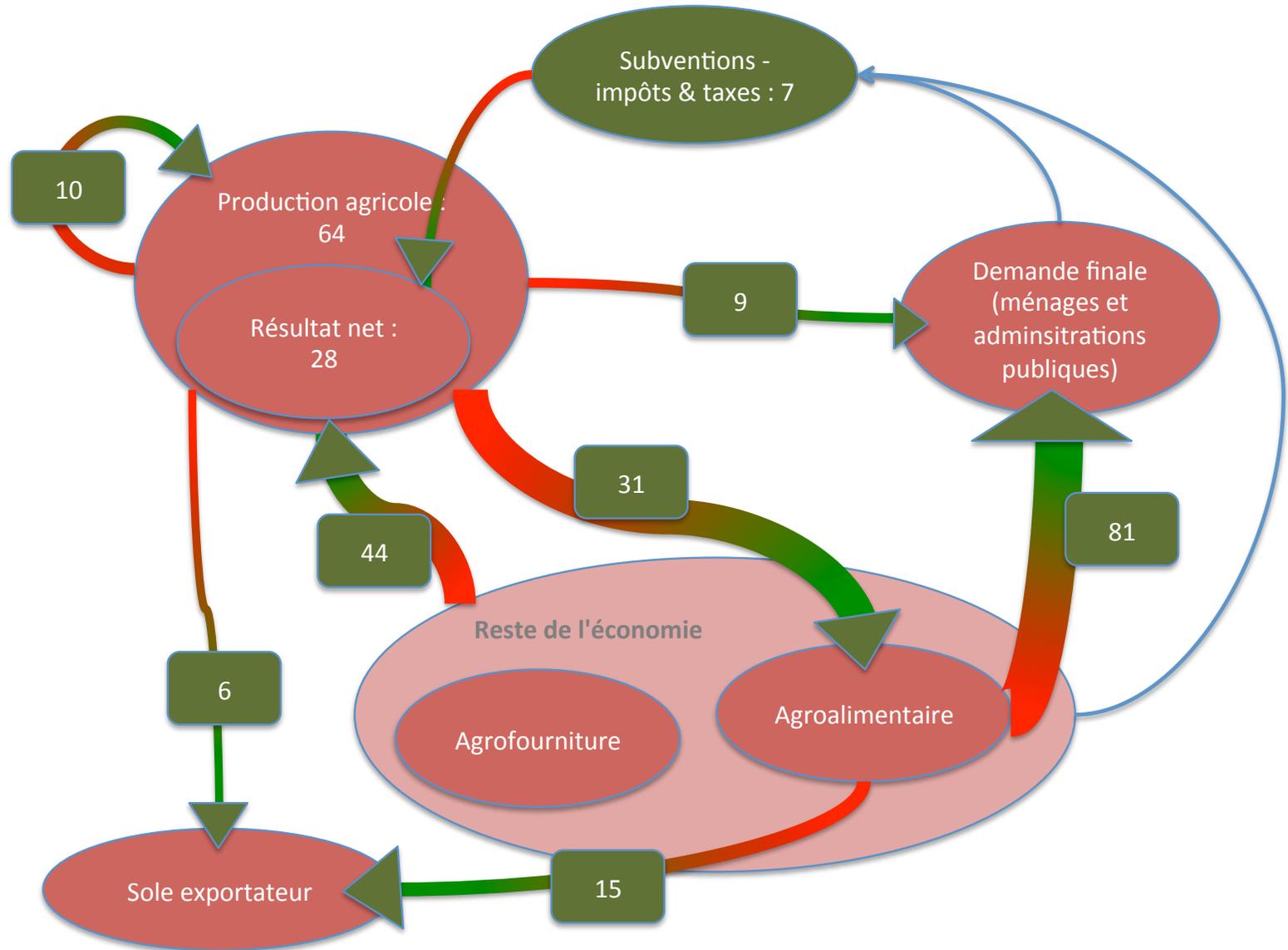
Situation actuelle, Mds €

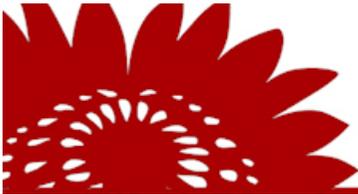
Résultat net = VA
nette + subventions –
impôts et taxes



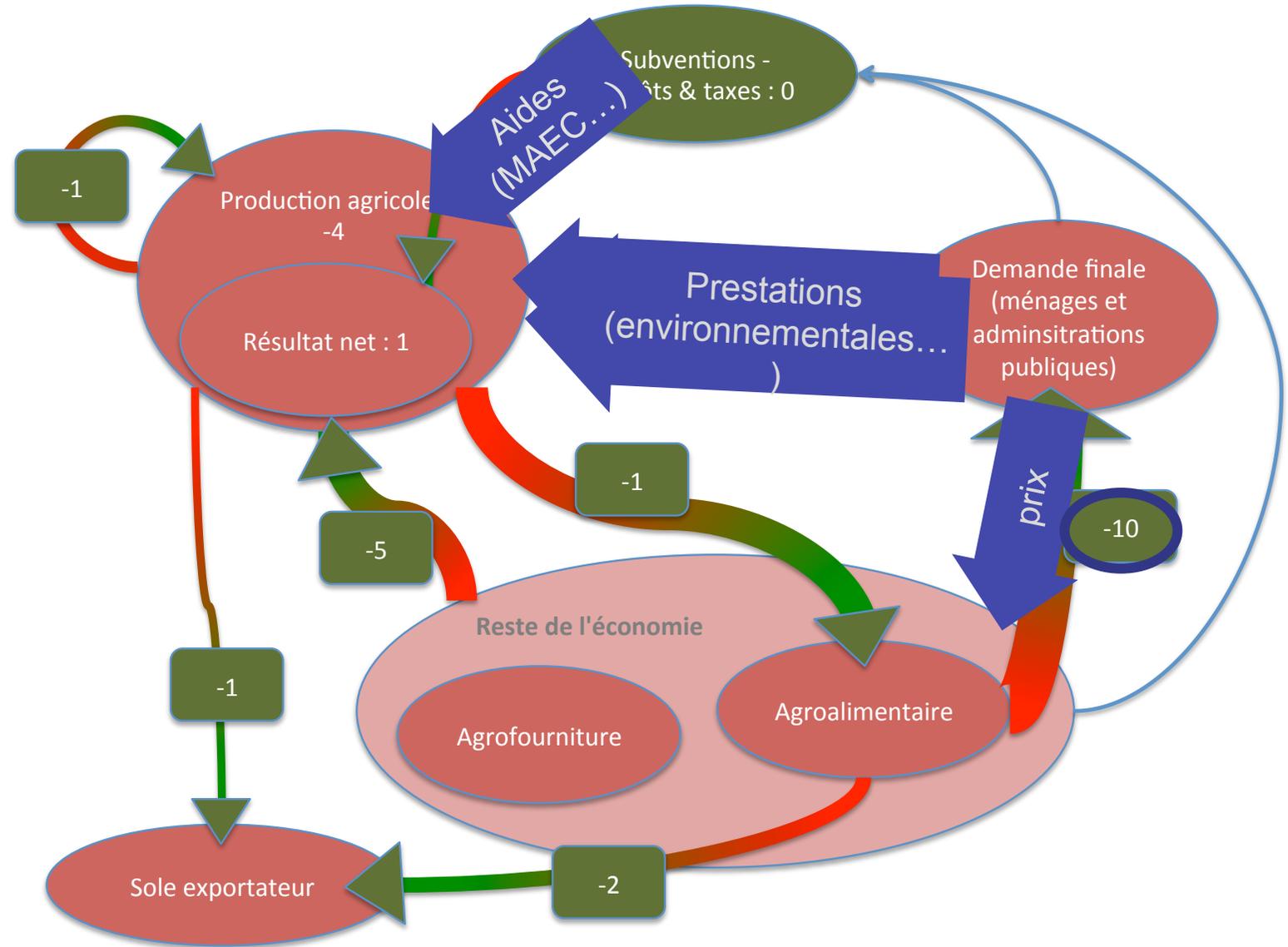


AFTERRES (2030), Mds €





Δ [Afterres – Tendancier] (2030), Mds €





PRINCIPAUX RÉSULTATS DE LA VERSION 2016

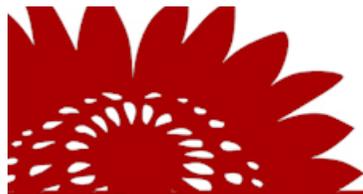


Evolution de l'usage des terres

- Division par 2 de l'artificialisation des terres agricoles
- Augmentation de la surface forestière de ½ Mha
- Résistance des prairies naturelles permanentes : -1 Mha perdus seulement

Evolution des agrosystèmes

- Généralisation des couverts permanents, des pratiques culturales simplifiées et du non labour
- Généralisation des infrastructures agroécologiques
- Augmentation de la teneur en carbone des sols et de leur activité biologique
- Généralisation de l'agriculture intégrée et de l'agriculture biologique
- Fort développement de l'agroforesterie, de la pratique des cultures associées



Une production agricole performante

- Production végétale à un niveau identique à celui de la production actuelle,
- avec une diminution considérable des impacts :
 - Division par 2 des GES et de la consommation d'énergie
 - Division par 2,5 de la consommation d'azote minéral
 - Division par 3 de la pression phytosanitaire
 - Réduction de 40% des émissions d'ammoniac
 - Division par 2 des prélèvements d'eau en été (maintien des prélèvements totaux sur l'année)
- ... sans hypothèses de ruptures majeures dans les pratiques et techniques :
uniquement par généralisation des meilleures pratiques et techniques connues



Une profonde mutation de l'élevage

- Généralisation des productions sous signe de qualité et d'origine
- Suppression des élevages intensifs de porcs et de volailles
- Fort ralentissement des pertes des prairies naturelles permanentes
- Diminution de la consommation et de la production de viande et de lait
- Augmentation du cheptel ovin

Une assiette plus saine et équilibrée, et plus gouteuse

- Régime alimentaire plus proche du « régime méditerranéen » : plus de fruits, légumes, céréales ; moins de viande et de lait (division par 2), sucre, alcool
- Forte diminution des pertes et gaspillages



Des échanges plus équilibrés avec le reste du Monde

- Augmentation de 60% des exportations de céréales alimentaires vers l'espace Méditerranée / Moyen Orient
- Division par 2 des exportations de céréales fourragères vers l'Europe
- Suppression des importations de soja et du déficit de la filière forêt – bois

Une contribution majeure des bioénergies au bilan énergétique national

- Passage des prélèvements forestiers de 50% à 70%, production conjointe de bois matériau (construction) et de bois-énergie
- Fort développement de la méthanisation agricole, conçue comme un outil de la transition agroécologique et énergétique
- Multiplication par 3 des bioénergies (incluant biomasses non agricoles) produites de façon durable