

Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050

Contacts : bruno.dorin@cirad.fr et Tristan lecotty@cirad.fr
sandrine.paillard@paris.inra.fr et tevecia.ronzon@paris.inra.fr
sebastien.treyer@iddri.org

Un besoin de perspectives agricoles, identifié à l'échelle internationale

➡ Après la révolution verte

- ➡ Des indices de stagnation des rendements
- ➡ Des enjeux environnementaux : rareté de l'eau, dégradation de la biodiversité, changement climatique...
- ➡ Des limites liées aux énergies fossiles (coût croissant et GES)

➡ Croissance démographique

➡ Modification des régimes alimentaires

- ➡ apport calorique total
- ➡ part des produits animaux

Une question de sécurité alimentaire à plusieurs échelles

- ☞ La planète pourra-t-elle produire assez pour nourrir toute l'humanité ?
- ☞ La production agricole permettra-t-elle d'assurer un développement et des revenus suffisants pour assurer la sécurité alimentaire des populations les plus pauvres ?

Agrimonde : une plateforme de construction de scénario

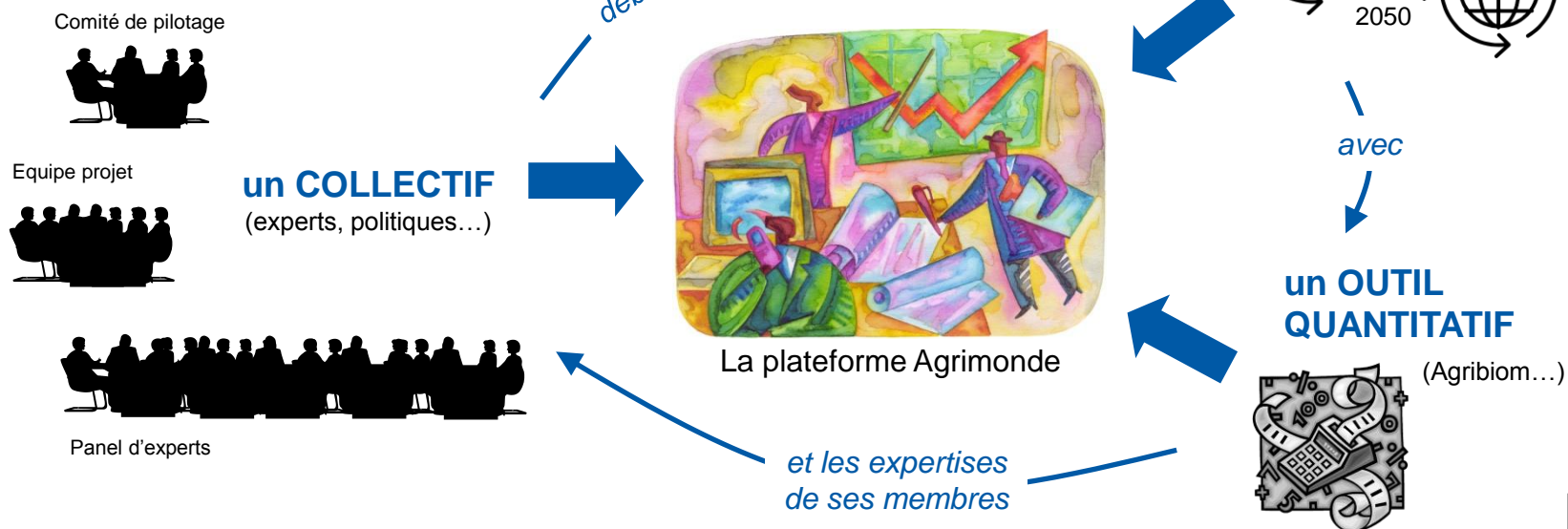
Un projet conjoint INRA-CIRAD (2006-2008)

- Institut National de la Recherche Agronomique (www.inra.fr)
- Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (www.cirad.fr)

Objectifs

- (1) **explorer des futurs possibles** d'agricultures et d'alimentations à l'horizon 2050 (**et non prévoir le futur**)
- (2) identifier des grands **enjeux pour la recherche** agronomique française
- (3) **contribuer à des débats** internationaux sur l'agriculture, l'alimentation, l'environnement

Une plateforme à trois composantes



Agrimonde : une plateforme de construction de scénario

Agribiom

■ Un outil quantitatif :

- (1) pour revisiter le passé et mieux le comprendre (1961-2003)
- (2) pour construire des scénarios quantitatifs des ressources et emplois de biomasse alimentaire en quantifiant :

- les usages des terres et les rendements
- les populations et leurs régimes alimentaires
- la conversion des calories végétales en calories animales
- les bilans emplois-ressources

■ 4 catégories de biomasse alimentaire

Végétaux



Céréales, Sucre, Huiles vég.
Fruits & légumes, etc. ...



Ruminants

Viandes, lait...



Monogastriques

Viandes, oeufs...



Produits
aquatiques

■ Une unité de mesure :

Calorie alimentaire

Les disponibilités apparentes comme approximation des consommations alimentaires

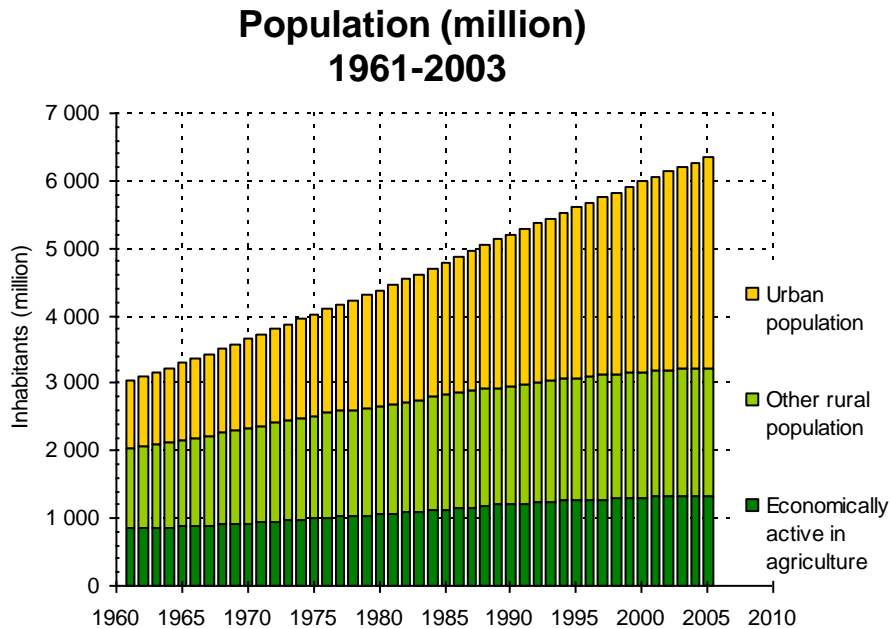
- Quantité de calories à disposition des consommateurs (ménages et RHD).
- Elles incluent les calories qui seront perdues entre l'achat des produits et leur ingestion.
- Ne pas les confondre avec la quantité de calories ingérées (les besoins énergétiques nets des hommes se situent entre 2000 et 3000 kcal/jour selon le genre, la taille, le poids et l'intensité de l'activité physique).

Des tendances passées aux scénarios

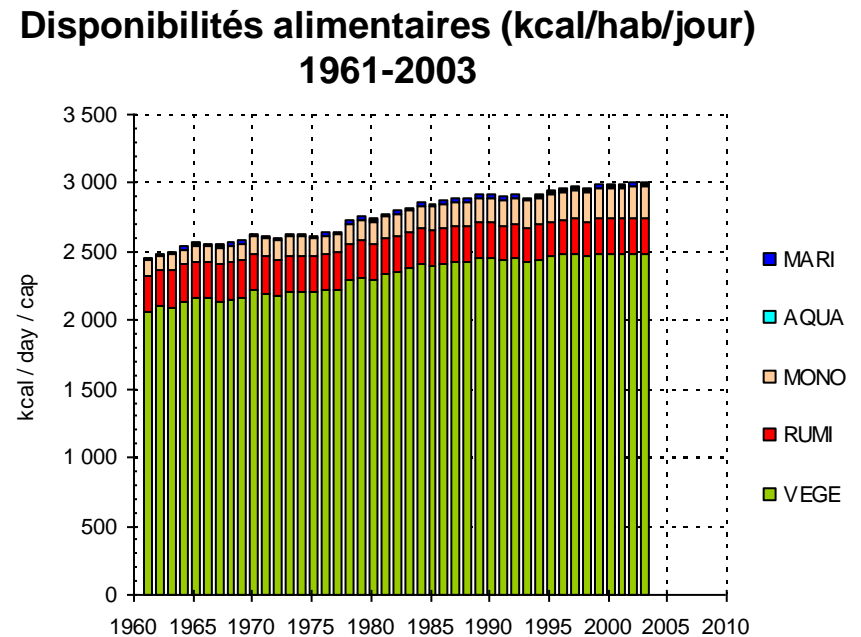
Une brève rétrospective de l'économie alimentaire mondiale
(1961-2003)

Côté emplois :

■ La population humaine double



■ La disponibilité alimentaire s'améliore...



Source : B. Dorin d'après FAO

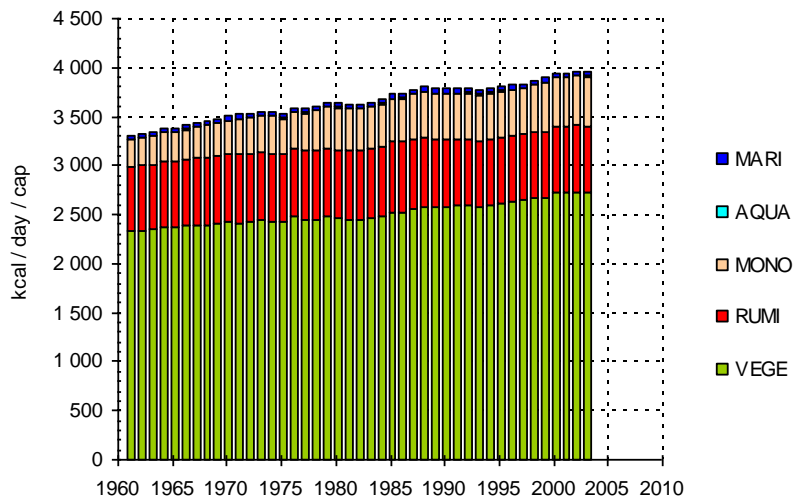
Des tendances passées aux scénarios

Une brève rétrospective de l'économie alimentaire mondiale
(1961-2003)

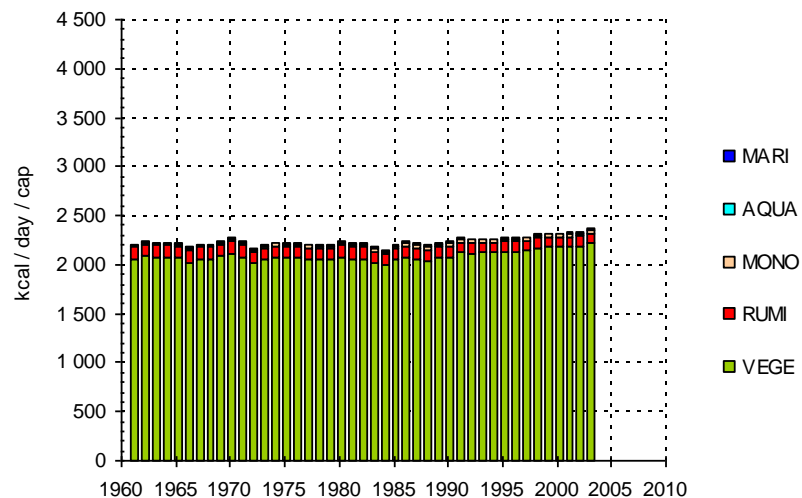
Côté emplois :

- Mais des inégalités encore très marquées (des apports nutritionnels et des pertes)

Disponibilités alimentaires (kcal/hab/jour), 1961-2003



OCDE - 1990



Afrique subsaharienne

Source : B. Dorin d'après FAO

Des tendances passées aux scénarios

Une brève rétrospective de l'économie alimentaire mondiale
(1961-2003)

Côté ressources :

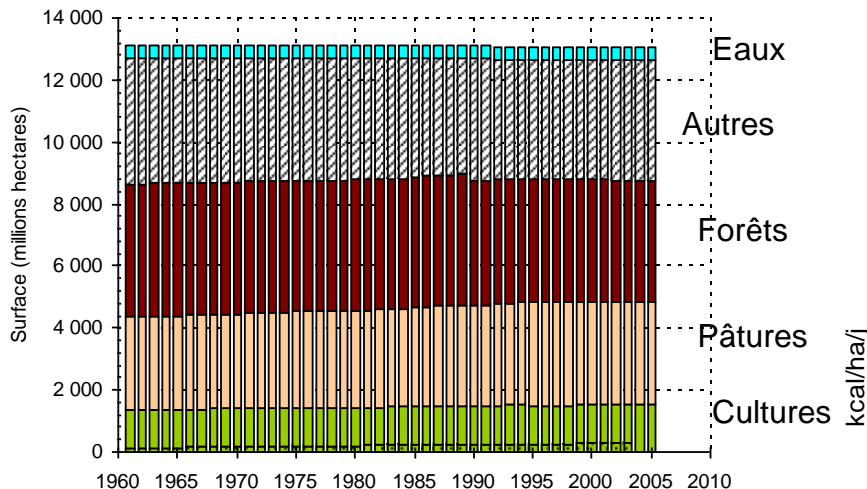
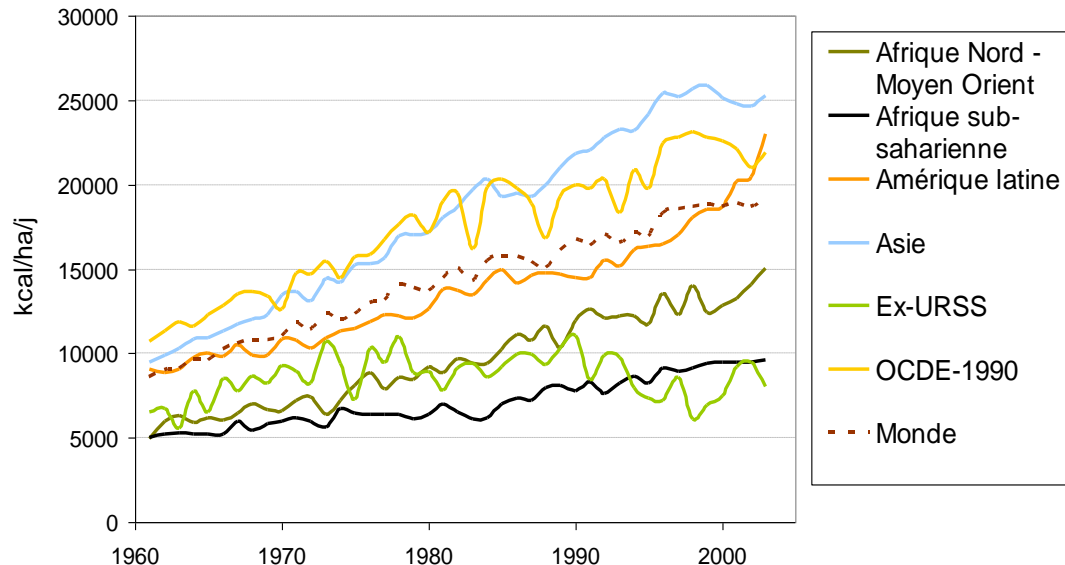
■ Les surfaces agricoles augmentent

- +4 millions ha par an en surfaces cultivées (1961-2003)
- +8.5 millions ha par an en pâtures (1961-2003)

■ Les rendements aussi ...

- Doublement entre 1961 et 2003
- Asie : +2.5% par an
- Afrique subsaharienne: +1.6% par an

Productions par hectare cultivé (Kcal/ha/j) (1961-2003)



Source : B. Dorin d'après FAO

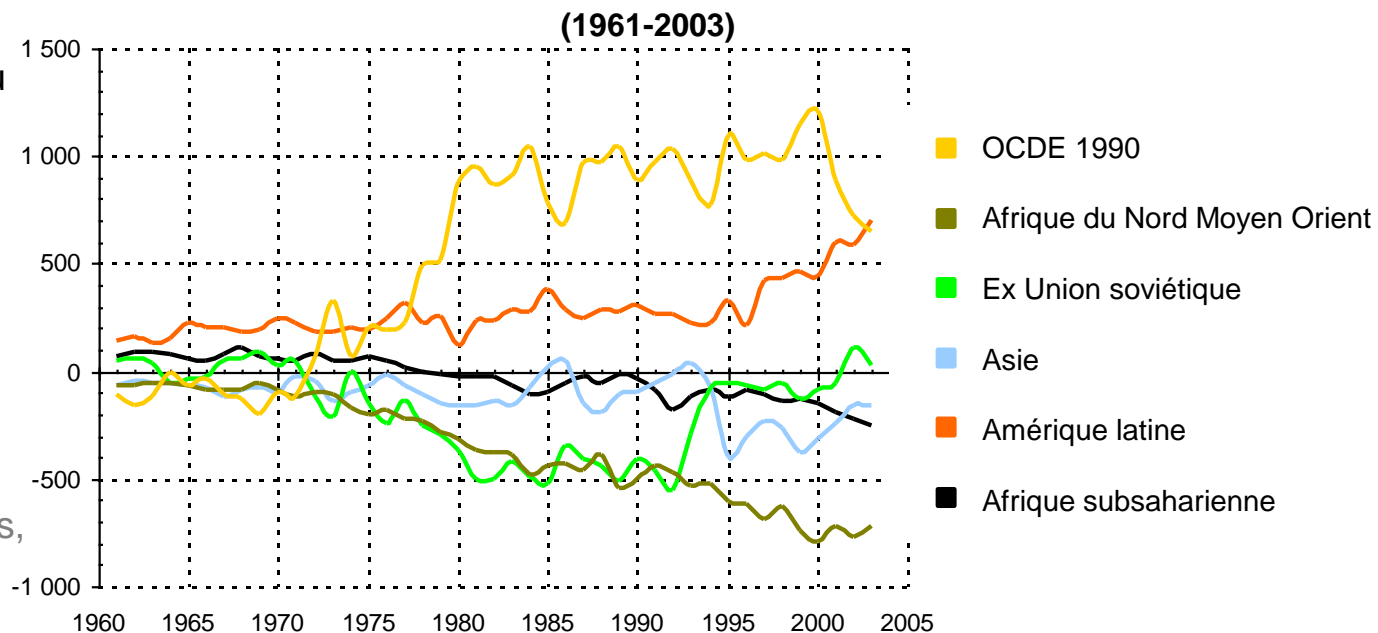
Des tendances passées aux scénarios

Une brève rétrospective de l'économie alimentaire mondiale
(1961-2003)

Commerce international:

- Les situations d'excédents pour les uns et de dépendance pour les autres s'exacerbent

Solde Exports-Imports de produits alimentaires (Gkcal/j)

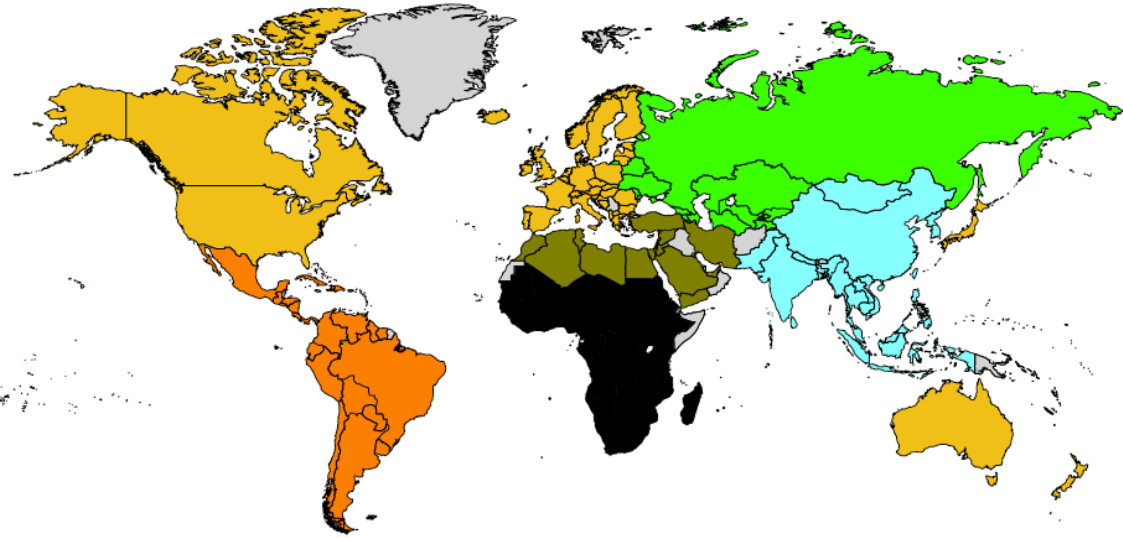


- Un tournant est notable au milieu des années 1970 (OCDE exportatrice nette, SSA de plus en plus importatrice)

- Un 2^{ème} tournant dans les années 1990 (Amérique latine de plus en plus exportatrice, MENA augmente ses importations, FSU les réduit)

Choix et principes de scénarios

- Horizon **2050**
- Grandes régions MEA
- Populations régionales en 2050 identiques dans les 2 scénarios
- Apprécier la capacité de chaque région à satisfaire les besoins alimentaires de sa population



⇒ Echanges envisagés seulement après évaluation de cette capacité, sans simulation des marchés

- **Agrimonde GO** : scénario tendanciel
- **Agrimonde 1** : supposer la durabilité pour mieux en comprendre les tensions, synergies et défis

Choix et principes de scénarios

- **Agrimonde 1** : un scénario possible d'agricultures et d'alimentations durables
 - Réduction sous-alimentation et excès apports nutritionnels
 - Intensification écologique : des agricultures qui répondent à des besoins croissants, piliers du développement, respectueuses de l'environnement
- **Global Orchestration** : le plus performant des scénarios MEA pour la réduction de la pauvreté
 - Progrès technique très rapide et libéralisation des échanges
 - Mais réactivité dans la gestion des écosystèmes

Choix et principes de scénarios

Limites dans la prise en compte :

- ✓ Du changement climatique
- ✓ De la consommation d'eau et d'énergie par l'agriculture
- ✓ De la relation production agricole – croissance économique

Les hypothèses quantitatives : (1) Emplois régionaux

- Populations en 2050 : projections médianes ONU
- Consommations alimentaires en 2050 :

Agrimonde GO : hypothèses GO du MEA : la croissance explique les niveaux de consommation

Agrimonde 1 : 3000 kcal/hab./jour dans toutes les régions, dont 2500 en végétaux ; Spécificités régionales dans la répartition des 500 restantes

- Dispo en calories issues de ruminants : même part qu'en 2000 mais plafonnées à 250
- Dispo en calories d'eau douce : stabilité des dispo. /hab
- Dispo en calories d'eau marine : doublement rythme d'accroissement observé entre 1961 et 2000 en OCDE-1990, Asie, Amérique latine ; +50% dans autres régions
- Dispo en calories issues de monogastriques : solde



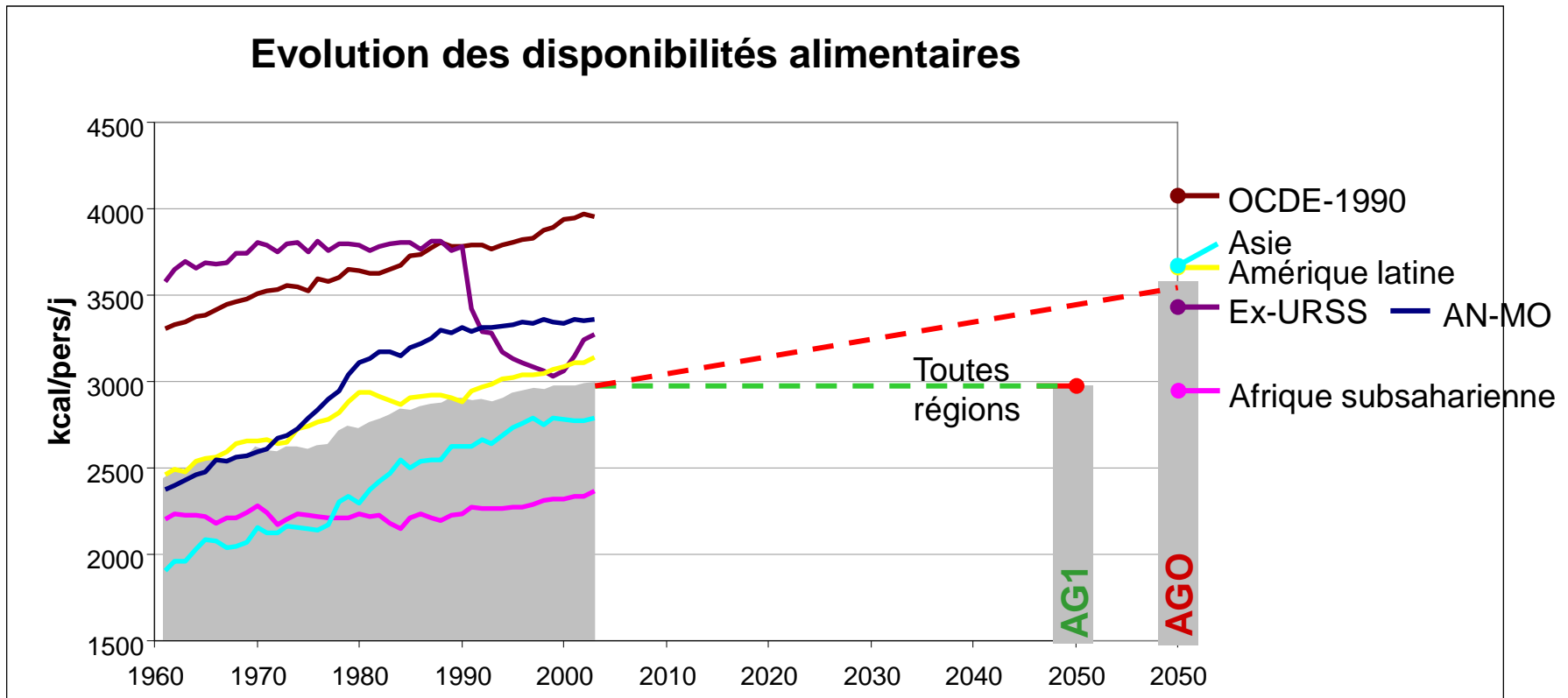
Les hypothèses quantitatives : (1) Emplois régionaux

- Pourquoi ce jeu d'hypothèses pour **Agrimonde 1** ?
 - ✓ Ecart disponibilités observées - nécessaires à la sécurité alimentaire
 - ✓ Equité - développement durable
 - ✓ Alimentation – santé
 - ✓ Alimentation - pressions sur les ressources naturelles



Les hypothèses quantitatives : (1) Emplois régionaux

Consommations alimentaires en 2050



Les hypothèses quantitatives : (2) Ressources régionales

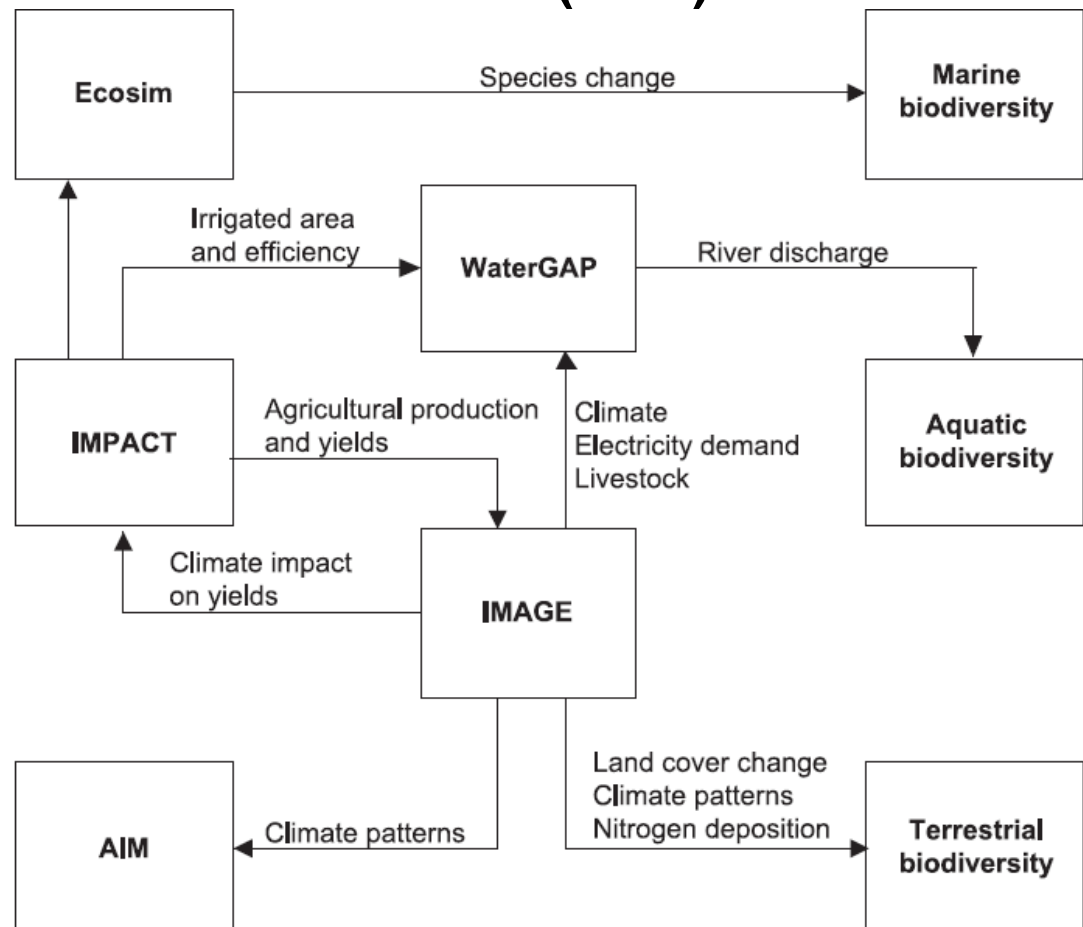
Agrimonde GO : hypothèses *Global Orchestration* (MEA)

- Simulation de modèles économiques et physiques inter-reliés

- $P^{\circ} \text{ agri} = f(D \text{ céréales} + vde)$
 $= \text{Surf.} \times \text{Rdt}$

- $\text{Rdt} = f(p, \text{ progrès technique})$

- $\text{Surf} = f(D, \text{ Rdt})$
 ~variable ajustement



Des hypothèses et bilans quantitatifs

Les hypothèses quantitatives : (2) Ressources régionales

Agrimonde 1 :

1. Ressources végétales:

Quelle progression possible des rendements / surfaces cultivées ?

- étant données les tendances passées
- tout en préservant les écosystèmes et ressources naturelles
- Étant donné les impacts attendus du changement climatique

2. Ressources animales : F(pâtures, feed)

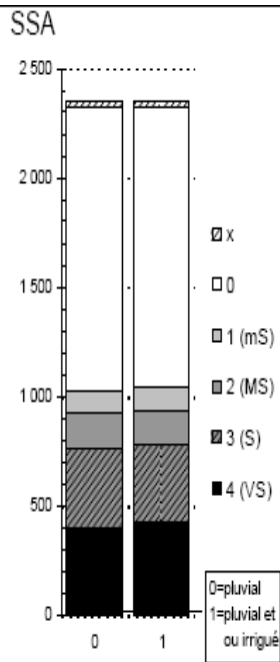
3. Ressources aquatiques : Identité ressources - emplois

Des hypothèses et bilans quantitatifs

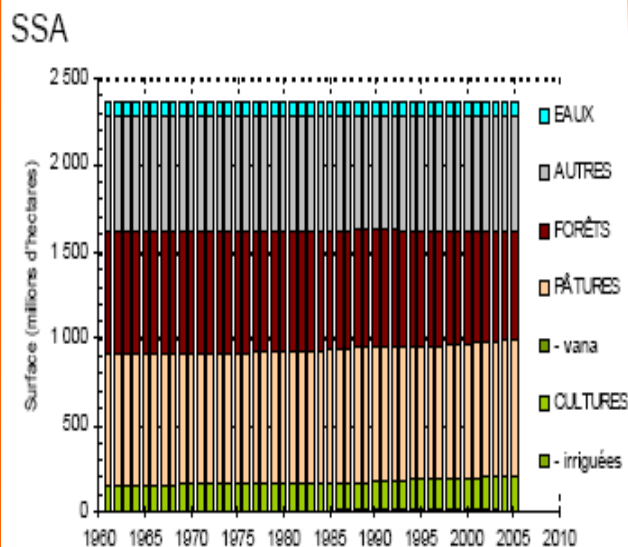
Les hypothèses quantitatives : (2) Ressources régionales

- Quelques indicateurs pour la réflexion :

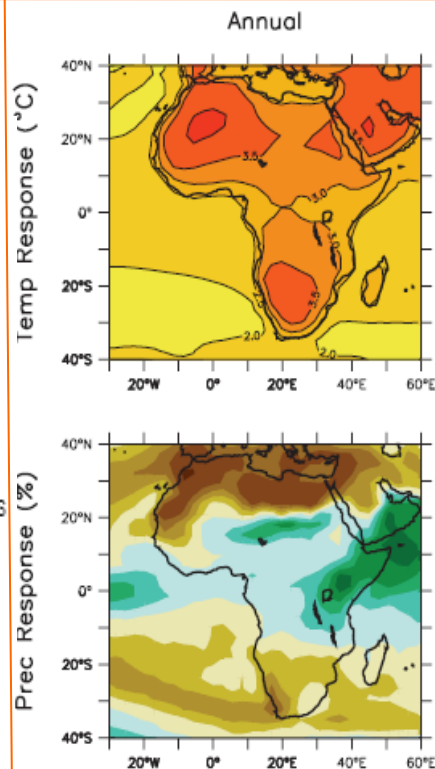
Potentiels cultivables



Dynamiques passées



Evolutions climatiques à venir



Autres scénarios

% / year	
2.13	High Variant in IAASTD
1.81	High variant in MA (GO)
1.63	1961-2000 growth rate
1.44	SUS, IFPRI-IWMI
1.40	Agrimonde 1 high variant
1.32	BAU, IFPRI-IWMI
1.22	CRI, IFPRI-IWMI
1.21	Low variant in MA (OS)
1.18	Low variant in IAASTD
0.62	DGR
0.44	Agrimonde 1 low variant

Source: Dorin d'après IIASA et FAO

Source: Dorin d'après FAOSTAT

Des hypothèses et bilans quantitatifs

Les scénarios quantitatifs (2000-2050)

		MENA	Agrimonde GO	Agrimonde 1
Emplois	Conso	Population	+ 80%	
		Kcal/hab./j	stable	- 10%
		Part animale	de 10% à 13%	15%
Ressources	Usage des sols	Surfaces cultivées 1961-2000 :+ 10 M ha	+ 12% + 10 M ha	+ 9% + 7 M ha
			Quasiment nul	
		Forêts	- 33%	stable
		Patûres	-2%	
		Rendements 1961-2000 : +2,49% par an	+ 66% + 1,02% par an	+ 13% + 0,24% par an

Bilan déficitaire plus marqué dans AGO

Des hypothèses et bilans quantitatifs

Les scénarios quantitatifs (2000-2050)

		SSA	Agrimonde GO	Agrimonde 1
Emplois	Conso	Population	+ 150%	
		Kcal/hab./j	+ 30%	
		Part animale	de 6% à 10%	17%
Ressources	Usage des sols	Surfaces cultivées 1961-2000 : + 48 M ha	+ 58% + 110 M ha	+ 76% + 147 M ha
			13% vana	11% vana
		Forêts	- 31%	- 9%
		Patûres	+ 48%	- 12%
		Rendements 1961-2000 : +1,63% par an	+ 145% + 1,80% par an	+ 24% + 0,44% par an

Bilan déficitaire plus marqué dans AGO

Des hypothèses et bilans quantitatifs

Les scénarios quantitatifs (2000-2050)

		LAM	Agrimonde GO	Agrimonde 1
Emplois	Population		+ 50%	
	Conso	Kcal/hab./j	+ 20%	stable
		Part animale	de 19% à 24%	15%
	Ressources	Usage des sols	Surfaces cultivées 1961-2000 :+ 60 M ha	+ 64% + 104 M ha
			19% vana	
Forêts			stabilité	
Patûres			stable	- 20%
Rendements 1961-2000 : +1,88% par an		+ 95% + 1,35% par an	+ 26% + 0,46% par an	

**Bilan excédentaire plus
marqué dans AGO**

Des hypothèses et bilans quantitatifs

Les scénarios quantitatifs (2000-2050)

		ASIA	Agrimonde GO	Agrimonde 1
Emplois	Population		+ 38%	
	Conso	Kcal/hab./j	+ 32%	+ 7%
		Part animale	de 12% à 24%	14%
Ressources	Usage des sols	Surfaces cultivées 1961-2000 : + 86M ha	+ 11% + 49 M ha	+ 23% +105 M ha
			5% vana	
		Forêts	-10%	
		Patûres	+ 30%	- 9%
	Rendements 1961-2000 : +2,53% par an		+ 85% +1,23% par an	stable

Bilan déficitaire plus marqué dans AGO

Des hypothèses et bilans quantitatifs

Les scénarios quantitatifs (2000-2050)

		FSU	Agrimonde GO	Agrimonde 1
Emplois	Population		- 15%	
	Conso	Kcal/hab./j	+ 13%	stable
		Part animale	De 20% à 37%	15%
Ressources	Usage des sols	Surfaces cultivées 1961-2000 : - 37 M ha	+ 10%	+ 53%
			+ 20 M ha	+ 107 M ha
		16% vana	3% vana	
		Forêts	+ 12%	stabilité
	Patûres	- 41%	- 16%	
Rendements 1961-2000 : +0,34% par an		+ 71%	+ 94%	
		+ 1,09% par an	+ 1,33% par an	

Bilan excédentaire plus
marqué dans AGO

Des hypothèses et bilans quantitatifs

Les scénarios quantitatifs (2000-2050)

		OCDE	Agrimonde GO	Agrimonde 1
Emplois	Population		+ 10%	
	Conso	Kcal/hab./j	stable	- 24%
		Part animale	de 30% à 40%	15%
Ressources	Usage des sols	Surfaces cultivées 1961-2000 – 8 M ha	+ 12% + 49 M ha par an	+ 18% + 77M ha par an
			14% vana	19% vana
	Forêts		+ 10%	
	Patûres		- 19%	- 23%
	Rendements 1961-2000 : +1,92% par an		+ 48% + 0,79% par an	stable

Bilan excédentaire plus
marqué dans AGO

Des hypothèses et bilans quantitatifs

Les scénarios quantitatifs (2000-2050)

		Monde	Agrimonde GO	Agrimonde 1
Emplois	Population		+47%	
	Conso	Kcal/hab./j	+20%	stable
Part animale		de 16% à 23%	stable	
Ressources	Usage des sols	Surfaces cultivées 1961-2000 : +4 M ha par an	+ 23% + 7 M ha par an	+ 39% +12 M ha par an
			11% vana	
	Forêts	stabilité		
	Patûres	+7%	-15%	
	Rendements 1961-2000 : +2% par an	+ 75% +1,14% par an	+7% +0,14% par an	

Bilan excédentaire plus marqué dans AGO

Des hypothèses et bilans quantitatifs

Les scénarios quantitatifs Bilans ressources-emplois en 2050

- **Au niveau mondial, dans les 2 scénarios, les ressources couvrent les emplois en 2050**
 - Mais 3 régions importent des calories alimentaires : Afrique du Nord-Moyen Orient, Afrique sub-saharienne, Asie
 - Les échanges minimum inter-régions augmentent considérablement entre 2000 et 2050
- **Cependant dans Agrimonde 1 :**
 - Les déficits et surplus régionaux sont plus grands que dans Agrimonde GO
 - Ainsi que les échanges minimums inter-régions

Des scénarios complets

Des scénarios quantitatifs aux scénarios complets

- Pour AGO, scénario complet GO du MEA
- Pour AG1, compléter les hypothèses et bilans quantitatifs par des hypothèses qualitatives
 - ✓ **Cohérence ?**
 - ✓ **Leviers d'actions ?**

Des scénarios complets

AG1, un scénario de crises

- **Accélération du changement climatique**
- **Multiplication des crises alimentaires**
- **Crise énergétique**

Des scénarios complets

	Agrimonde GO <i>Nourrir la planète en privilégiant la croissance économique mondiale</i>	Agrimonde 1 <i>Nourrir la planète en préservant les écosystèmes</i>
Croissance, Dvp Migrations	Décollage agricole des PED, qui tire la croissance mondiale	
	Accélération exode rural	Stabilisation exode rural
Régulat° Gouvernan-ce	Transferts Nord-Sud massifs	
	Libéralisation poussée	UNOFS : réduction distorsions prix et volatilité, exceptions temporaires, protection environnement Multifonctionnalité
Recherche Formation Dvp agric.	Investissements massifs, publics et privés	
	Poursuite trajectoire technologique	Intensific.écologique : savoirs spécifiques / génériques mode interactif

Des scénarios complets

	Agrimonde GO <i>Nourrir la planète en privilégiant la croissance économique mondiale</i>	Agrimonde 1 <i>Nourrir la planète en préservant les écosystèmes</i>
	Investissements massifs	
Energie	Hausse rapide de la demande Efficacité énergétique Agro-carburants	Inflexion demande Energies renouvelables, décentralisées/ Pile à combustible/Autonomie exploitation agricole
Environnement	Détérioration Mais biodiversité protégée par limitation surfaces cultivées	Réduction impacts agriculture (GES?) Amélioration biodiversité domestique Détérioration biodiversité sauvage
	Réduction inégalités d'accès	
Alimentat°	Progression obésité	Convergence vers 3000 kcal/hab./jour Diminution gaspillages / Diversité Politiques nutritionnelles efficaces
IIA Filières	Internationalisation, spécialisation, concentration	Hybridation Montée en puissance RSE (alimentation durable, réduction malnutrition, lutte contre obésité)

Des enseignements

.../...

- **La planète peut nourrir ses habitants en 2050 mais ...**
- **Du contenu de nos assiettes dépendront beaucoup la santé des hommes et aussi celle des écosystèmes**

Les régimes alimentaires (et pertes) pèsent beaucoup sur les bilans

Monde	AGO 2050	AG1 2050
Conso. alim. en kcal/hab./j	+ 20%	stable
Part animale	23%	stable à 15%
Besoins en cal. vég. en Gkcal/j (28 100 en 2000)	53 600 (+90%)	37 600 (+35%)

Quelques enseignements relatifs aux comportements alimentaires

.../...

- Une baisse d'1/4 de l'apport calorique total des régimes OCDE (avec part animale passant de 30 à 15%) est-elle plausible?
- Un net ralentissement de la croissance de la conso alimentaire (et part animale) dans les pays émergents, est-il plausible?
 - Prospective n'est pas prévision : mission d'exploration des implications de ruptures dans les tendances
 - Dans les pays riches, les changements de comportements (alimentation, gaspillages) liés aux préoccupations environnement et nutrition peuvent à 2050 s'amplifier de façon déterminante
 - Dans les PED, il est peu probable que la préservation de l'environnement soit un facteur moteur pour l'alimentation à 2050 mais transition nutritionnelle beaucoup plus rapide que dans les pays riches ⇒ les préoccupations nutritionnelles peuvent toucher plus rapidement les populations les plus aisées.

Des enseignements

.../...

- **Les échanges seront nécessaires pour garantir la sécurité alimentaire**
 - ✓ Ressources naturelles et populations ne sont pas réparties de la même façon
 - ✓ Le développement agricole prend du temps

Des enseignements

.../...

Les régulations des échanges dans AG1

Développement par l'agriculture
+
Sécurité alimentaire
+
Préservation de l'environnement



- ✓ Éviter les ruptures d'approvisionnement pour les zones en déficit
- ✓ Éviter les distorsions de prix mais exceptions temporaires
- ✓ Révéler les coûts environnementaux

Des enseignements

.../...

- Mais le développement des agricultures locales est indispensable à l'augmentation des revenus et à la sécurité alimentaire

•AG1 en Afrique subsaharienne : un scénario durable ?

		AGO	AG1
Emplois	Population	+150%	
	Consommation (en kcal/hab/j)	+28%	+30%
Ressource	Surfaces cultivées	+ 58%	+ 76%
	Gains annuels de rendement +1.63% sur 1961-2000	+1,80% par an	+0,44% par an
	Déficit en calories végétales	20% des emplois	50% des emplois

Des enseignements

.../...

- **Côté ressources, AG1 et AGO ne traduisent pas seulement 2 stratégies « surfaces-rendements »**
 - ✓ Sans innovations majeures, AG1 n'est pas durable sur le plan environnemental (GES, biodiversité, ...) et n'est pas plausible sur le plan économique et social
- **Défis pour l'intensification écologique : comment mieux exploiter et mieux préserver les processus écologiques ?**
- **Défis pour les systèmes d'innovation :**
 - ✓ L'intensification écologique comme option d'organisation sociale et spatiale : critères de performance, frontières villes-agriculture-nature, etc.
 - ✓ Comment sortir du 'lock-in' technologique ?

Merci !

Equipe projet



AOUDAÏ Maryse	(Inra)
BARRE Rémi	(Cnam)
CHAUMET Jean-Marc	(Inra)
DORIN Bruno	(Cirad - Responsable analyses quantitatives)
LE COTTY Tristan	(Cirad)
PAILLARD Sandrine	(Inra - Responsable unité prospective Inra)
RONZON Tévécia	(Inra)
TREYER Sébastien	(AgroParisTech-Engref - Responsable analyses qualitatives)

Groupe d'appui



Comité de pilotage



CARON Patrick
CARSLADE Henri
ESNOUF Catherine
GUYOMARD Hervé
HUBERT Bernard
WEIL Alain

BACHELIER Bernard
BARRET Danielle
BOSC Pierre-Marie
BUTAULT Jean-Pierre
DEBAR Jean-Christophe
DE LATTRE-GASQUET Marie
GHERSI Gérard
DELPEUCH Francis
DREYFUS Fabrice
GRIFFON Michel
HOSTE Christian
LACROIX Denis
LOYAT Jacques
PETIT Michel
RASTOUIN Jean-Louis

Comité d'experts



...et bien d'autres



ALLAIRE Gilles
ARVANITIS Rigas
BESSE Antoine
BROSSIER Jacques
CLEMENT OLIVIER
COLLEU Sylvie
COLONNA Paul
DELEBECQUE Denis
DRONNE Yves
ESTABLET Pierre
FERLIN Christophe
FOUCHER Jean-François
FRESCO Louise

GOSSE Ghislain
HEBERT Anne
HOULLIER François
HOURCADE Jean-Charles
KARCHER Isabelle
KUTAS Géraldine
LEVERVE Xavier
PARROT Laurent
RINGLER Claudia
ROUDART Laurence
SALLE Christian
TOUREAU Valérie
.../...