

Renforcement du dispositif de l'INRA sur le carbone renouvelable pour les bioindustries : deuxième étape

Bioénergies, biomolécules et biomatériaux végétaux (Towards Bioenergies, Biomolecules and Biomaterial ToB3)

**Rapport présenté par Paul Colonna
au conseil scientifique de l'INRA (juin 2008)**

1 Objectifs

Les organismes vivants sont une source très large de molécules dont la nature chimique recouvre la plupart des structures issues de la **chimie du Carbone**. L'usage de ce Carbone renouvelable est devenu un axe de recherche à part entière au plan international et n'est plus un objet d'investigation déduit des autres finalités agronomiques, liées à l'environnement, l'agriculture et l'alimentation. Ainsi, l'utilisation de la **biomasse** à des fins énergétiques et chimiques est considérée comme une perspective économiquement réaliste dont il convient d'étudier les conditions de durabilité, sans éluder les interactions avec les filières alimentaires. Ces dernières répondent à trois enjeux imbriqués de santé publique (nutrition saine), sécurité alimentaire (approvisionnements) et de durabilité, les deux derniers sont également présents dans le domaine du Carbone renouvelable. Le domaine Bioénergies, biomolécules et biomatériaux végétaux (ToB3) est suffisamment important au niveau national pour être l'un des trois grands thèmes identifiés en 2007 par le groupe de concertation sectorielle « Biotechnologies, ressources, agronomie » (« GCS 4 ») mis en place par la DGRI du MESR.

Dès 2005, le document d'orientation 2006-2009 de l'INRA comportait ainsi l'objectif *Développer les applications à usage non alimentaire* :

Bioénergies, biomolécules et biomatériaux végétaux

Le double enjeu environnemental et énergétique conduit à une politique de substitution des matières premières fossiles par des productions renouvelables issues de l'agriculture et de la forêt. Les engagements européens et l'ambition nationale à long terme en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, impliquent un fort développement de filières à très grande efficacité productive et respectueuses de l'environnement. Dans un contexte international très concurrentiel, seule la valorisation de matières lignocellulosiques, plantes entières, pailles, bois, pourra à terme répondre à ces défis. L'INRA renforcera prioritairement ses recherches dans ce domaine pour mettre au point les systèmes de production adaptés et les techniques biologiques de transformation de la biomasse, concevoir l'organisation des filières, modéliser leurs impacts environnementaux et territoriaux, analyser les marchés internationaux ainsi que les concurrences entre productions alimentaires et non alimentaires. Des recrutements ciblés accompagneront les réorientations nécessaires d'équipes de recherche et contribueront à soutenir la vocation internationale du pôle de compétitivité spécialisé « industrie et agro-ressources ». Les partenariats scientifiques engagés dans le programme national "bioénergies", notamment avec l'Institut français du pétrole et les instituts techniques de la production végétale, seront soutenus de même que la participation aux activités de la plateforme technologique européenne.

L'INRA contribue aux recherches sur le carbone renouvelable et les bioindustries (CARBIO), avec trois objectifs principaux déclinés aux plans national et européen : (i) acquérir des connaissances nouvelles (méthodes, concepts, données), (ii) innover en termes de systèmes, et de produits finis ou intermédiaires (iii) mettre au point des méthodes d'évaluation *ex ante* de ces innovations selon différentes dimensions dont les impacts environnementaux (implantation et développement de nouvelles espèces, et de leurs bioagresseurs spécifiques, susceptibles de modifier les équilibres écologiques et donc la biodiversité des milieux), l'organisation des filières agricoles et industrielles, les marchés internationaux. Les deux derniers objectifs renvoient à des démarches interactives, avec des aller-et-retours entre la recherche et l'aide à la décision publique.

L'objectif de cette étude CARBIO-2 est de proposer des priorités pour un deuxième volet de renforcement des compétences et une consolidation du dispositif de recherche sur cette thématique Carbone renouvelable et bioindustries (CARBIO), qui avait fait l'objet d'un rapport¹ et d'une première vague de recrutement en 2007 et 2008 (profils CARBIO-1)². L'analyse globale des compétences existantes et de l'organisation du dispositif, y compris l'impact du plan de recrutement CARBIO-1, permettra d'appréhender ce vaste champ, sans toutefois élargir notre vision à l'ensemble des dispositifs de recherche tout ou partie dédiés à ces questions dans d'autres établissements (cette approche étendue a vocation à être prise en charge par le GSC4 de la DGRI). La réflexion entreprise ici vise à prendre en compte les évolutions scientifiques et technologiques récentes dans un paysage global (énergie, matières premières, bioindustries, mondialisation des échanges), au delà d'un ajustement du dispositif

¹ Jamet JP , Thomas D., Gosse G. Carbone renouvelable et bioindustrie. Réflexions et pistes de recherche. Rapport INRA. Juillet 2006.

² Synthèse des ouvertures antérieures de postes.

de recherche à l'aune de besoins à court terme. La répartition des objectifs de cette thématique entre les différents départements de l'INRA n'a pas été considérée dans ce groupe.

2 Mode d'instruction

Historique

Un premier « chantier CARBIO (Carbone renouvelable et bioindustrie) » a été conduit en 2006 : mission confiée à Ghislain Gosse par lettre du 15 décembre 2005 ; rapport « Carbone renouvelable et bioindustrie - réflexions et pistes de recherche » de G. Gosse, J-P. Jamet et D. Thomas en juillet 2006 ; avis rendu par le Conseil Scientifique de l'INRA le 5 octobre 2006.

Ce rapport a défini des enjeux prioritaires pour l'INRA dans ce domaine, ainsi que des propositions de profils prioritaires de recrutements de chercheurs/ingénieurs.

Le Collège de direction, ayant *a priori* réservé 15 postes pour le renforcement de ce domaine de recherche en 2006 et 2007, a ensuite arbitré plusieurs des profils prioritaires proposés :

- 8 profils ont ainsi été arbitrés en 2006 pour des recrutements 2007.
- En 2007, une instruction complémentaire a été engagée, associant tous les chefs de département concernés (ou leurs représentants), ainsi que quelques experts issus du groupe CARBIO, au sein d'un nouveau groupe de travail dit « CARBIO 2 », afin de définir les profils restant à affecter en 2007 sur cette « réserve ». La lettre de mission adressée au groupe le 15 janvier 2007 lui demandait notamment d'éclairer la question des choix à accomplir, concernant les investissements de l'INRA sur les espèces supports de développement des filières de biocarburants de deuxième génération – avec en particulier une interrogation centrale quant au développement d'une démarche de biologie végétale intégrative dédiée.
- *In fine*, ce ne sont pas seulement 7 profils supplémentaires issus de la réflexion CARBIO qui ont été arbitrés par le Collège de direction en 2007 pour des recrutements 2008. A la suite des « directoriales 2007 », le besoin s'est en effet fortement fait ressentir de compléter ce dispositif par des postes dédiés plus spécifiquement à la « chimie verte » et au projet structurant proposé dans ce domaine sur Versailles par les départements BV, GAP et CEPIA : une nouvelle « réserve » de 12 postes dédiés à la chimie verte a été constituée par le Collège de direction, à laquelle sont venus s'ajouter 3 postes pour renforcer le projet versaillais. Ces 3 profils ont été arbitrés en 2007 pour 2008, de même que 6 profils « chimie verte ». Le reliquat restant à affecter en 2008 (pour des recrutements 2009) est donc en principe de 6 postes.

Le groupe CARBIO 2

Au-delà du recensement à court terme des profils prioritaires de recrutement pour 2008 et 2009, la lettre de mission du 15 janvier 2007 assignait au groupe une mission à plus long terme avec pour objectif d'organiser un processus de construction de l'évolution collective à entreprendre, pour permettre à l'INRA de faire face au vaste défi que représente l'utilisation — dans des conditions « durables » — de la biomasse à des fins énergétiques et chimiques.

Il lui était donc demandé, dans un premier temps, d'analyser le dispositif actuel (état des lieux sur les forces déjà engagées dans la problématique, les compétences mobilisées et les thèmes traités, leur organisation et les projets en cours, les sites concernés et les grands outils mobilisés) pour déboucher sur l'identification des évolutions majeures à soutenir. Les conclusions du groupe devaient lui permettre de produire un document de cadrage destiné à alimenter la future programmation et les différentes réflexions institutionnelles internes ou partenariales (existantes ou à développer) et, le cas échéant, proposer des modalités d'animation scientifique transversale.

Le développement d'une réflexion spécifique sur la « chimie verte » était déjà évoqué dans la lettre de mission de janvier 2007 ; ce point est devenu central à l'issue de la 2^{ème} vague d'arbitrages par le Collège de direction évoquée ci-dessus. Compte tenu du rôle central joué par le département CEPIA dans ce domaine, la conduite de la réflexion, devant aboutir au présent rapport, a ensuite été déléguée à P. Colonna fin 2007.

Le mode de travail et le calendrier des réunions

- 8 novembre 2006 : à l'initiative des DS PPV et ECONAT, réunion des chefs de département concernés. Invités : G. Gosse, M. Dohy (ADEME) et quelques chercheurs INRA du domaine. Présentation d'éléments de contexte (national et international), du

rapport CARBIO, du projet d'Institut Carnot et discussion sur les conclusions du rapport et les suites de la réflexion.

- 15 janvier 2007 : constitution du groupe « CARBIO 2 » par les 2 DS (avec une composition visant à assurer la représentation des départements concernés, ainsi que la continuité avec la réflexion du groupe CARBIO, mais aussi le lien avec le projet d'Institut Carnot et avec la réflexion particulière qui avait été initiée séparément sur les légumineuses).
- 30 mars 2007 : 1^{ère} réunion du groupe « CARBIO 2 » ; présentation par département (travaux en cours, projets, questions de recherche, moyens humains, partenariats) et cadrage de la suite de la réflexion (travail autour des groupes d'espèces).
- 26 septembre 2007 : réunion plénière du groupe « CARBIO 2 » (sur la base d'une proposition de travail formulée par les deux DS dans un courrier du 24 juin) avec en particulier une présentation de l'état d'avancement de la réflexion sur les dispositifs et compétences actuels et les besoins à promouvoir, articulée par « groupes d'espèces » (oléagineux, légumineuses, filières ligno-cellulosiques, fibres), un éclairage particulier sur la dynamique impulsée par CARBIO au sein du département SAE2 et la présentation du projet d'atelier de réflexion prospective « VégA » (« Quels végétaux et quels systèmes de production durables pour la biomasse dans l'avenir ? ») soumis à l'ANR le 10 septembre 2008 par l'INRA, l'IFP et le CIRAD (avec 17 autres partenaires).
- Fin 2007 : délégation de l'animation de la démarche, avec un recentrage « chimie verte », à P. Colonna (CD CEPIA), s'appuyant sur un groupe plus restreint : tous les chefs de département concernés (BV, CEPIA, EA, EFPA, GAP, MICA, PHASE, SAD, SAE2, SPE) et un membre du CS de l'INRA (P. Ungerer , IFP).
- 11 mars 2008 : 1^{ère} réunion de ce groupe. Echanges à partir d'une présentation par chaque département de son dispositif actuel [sites, thèmes, compétences, objets d'étude], de scénarios de développement potentiels et des moyens humains qui s'avèrent nécessaires (y compris les reconversions récentes ou à venir) pour y répondre, et argumentaire (justification du renforcement proposé sur chacun des thèmes, sa compétitivité dans le paysage européen et international, les synergies développées avec d'autres organismes en France).
- 28 mars 2008 : entretien avec P. Ungerer, DS de l'IFP et membre du CS de l'INRA, pour appréhender les attentes du CS de l'INRA,
- 15 avril 2008 : réunion conclusive du groupe de travail avant rédaction du présent rapport.
- 20 mai 2008 : envoi au collège de direction de l'INRA le 20 mai en prévision de la présentation au CS de l'INRA le 4 juin 2008.

3 Domaine couvert

Cette réflexion concerne la recherche sur le carbone renouvelable et les bioindustries, avec une extension à la « chimie verte ». Le champ couvre aussi bien les marchés de masse déjà couverts par CARBIO-I (ex. valorisation énergétique, aussi appelé bio- ou agrocarburants, bioénergies) que des marchés plus étroits en volume, mais à plus forte valeur ajoutée (matériaux, synthons, nanobiotechnologies, lubrifiants, microconstituants).

Plutôt que d'adopter une définition négative « non alimentaire », le **champ choisi est défini** par la combinaison :

- d'une part des cibles finalisées connues à ce jour, biocarburants, bioénergies/biofuels, biolubrifiants, agro-tensioactifs, bioplastiques, agro-matériaux et composites, pigments, vernis et peintures, papier-carton-collés, cosmétiques.

- d'autre part de l'application des règles de la chimie verte³, en particulier de la règle 7, sans oublier les règles 5, 8, 9 et 10. Cette approche établit un lien avec le règlement REACH⁴ (Registration, Evaluation and Autorisation of Chemicals) en Europe.

Cinq enjeux majeurs dynamisent ce champ :

- la lutte contre l'effet de serre, où l'usage du Carbone renouvelable fait partie de la boîte à outils, pour piloter les crédits de carbone,
- la rupture prévisible dans les marchés de la chimie suite à l'application du règlement REACH, tant pour les molécules (seuil minimal de 1T/an) que les procédés recourant à des solvants organiques, pour les molécules mises sur le marché avant septembre 1981. Au delà de cette date, la directive 67/548/CEE exige que les nouvelles substances soient soumises à des essais et évaluées au regard des risques qu'elles peuvent présenter pour la santé humaine et l'environnement, avant toute mise sur le marché pour des quantités supérieures à dix kilogrammes
- la diminution de la dépendance française et européenne vis à vis des importations de Carbone fossile, ce qui s'inscrit dans la transition énergétique avec la mise en place d'un bouquet énergétique⁵,
- le besoin international de trouver des substituts au Carbone fossile pour les usages non énergétiques en raison de l'épuisement prévisible du Carbone fossile ; aucun substitut au Carbone n'existe pour la chimie organique ;
- la complémentarité et la concurrence entre les différents usages du sol, pour assurer la sécurité des approvisionnements de tous les usages.
- L'hypothèse générale qui sous-tend cette analyse est de considérer que la croissance et donc la demande en Carbones fossile et renouvelable sont inéluctables au plan mondial.

La **légitimité de l'INRA dans ce domaine** vient d'abord de la règle 7 de la Chimie Verte qui ouvre sur les structures végétales, leur élaboration (biotechnologies vertes) et productions, et les outils mis en œuvre dans les biotechnologies blanches (enzymes, micro-organismes et fermentations). En découle d'ailleurs une légitimité des travaux de l'INRA sur les règles 6 et 10.

Dans ce champ de recherche, les **différents domaines de questionnements** sont rapportés dans la figure 1. Cette figure illustre aussi l'articulation avec les enjeux globaux tels que les équilibres écologiques, et *in fine* la biodiversité, et les questions d'évaluation des conséquences environnementales et économiques des innovations technologiques (modifications des systèmes de production en fonction de leurs performances tant environnementales qu'économiques, évolutions des équilibres de marchés et concurrence pour l'occupation des sols, transformations des filières et des conditions de la concurrence). Les progrès des connaissances attendues auront un fort impact sur les politiques publiques, qui les contraignent et/ou en définissent l'acceptabilité. En particulier, un des enjeux propres à cette recherche est de dépasser l'analyse des conflits (pressions, concurrence...) entre les usages pour se projeter dans l'avenir : comment la participation des acteurs et les marchés pourrait évoluer pour constituer les bases d'un futur développement des ToB3 avec les conséquences sur la reconversion des acteurs, les changements de spécialité, les délocalisations et relocalisations, et la distribution des acteurs dans le territoire ?

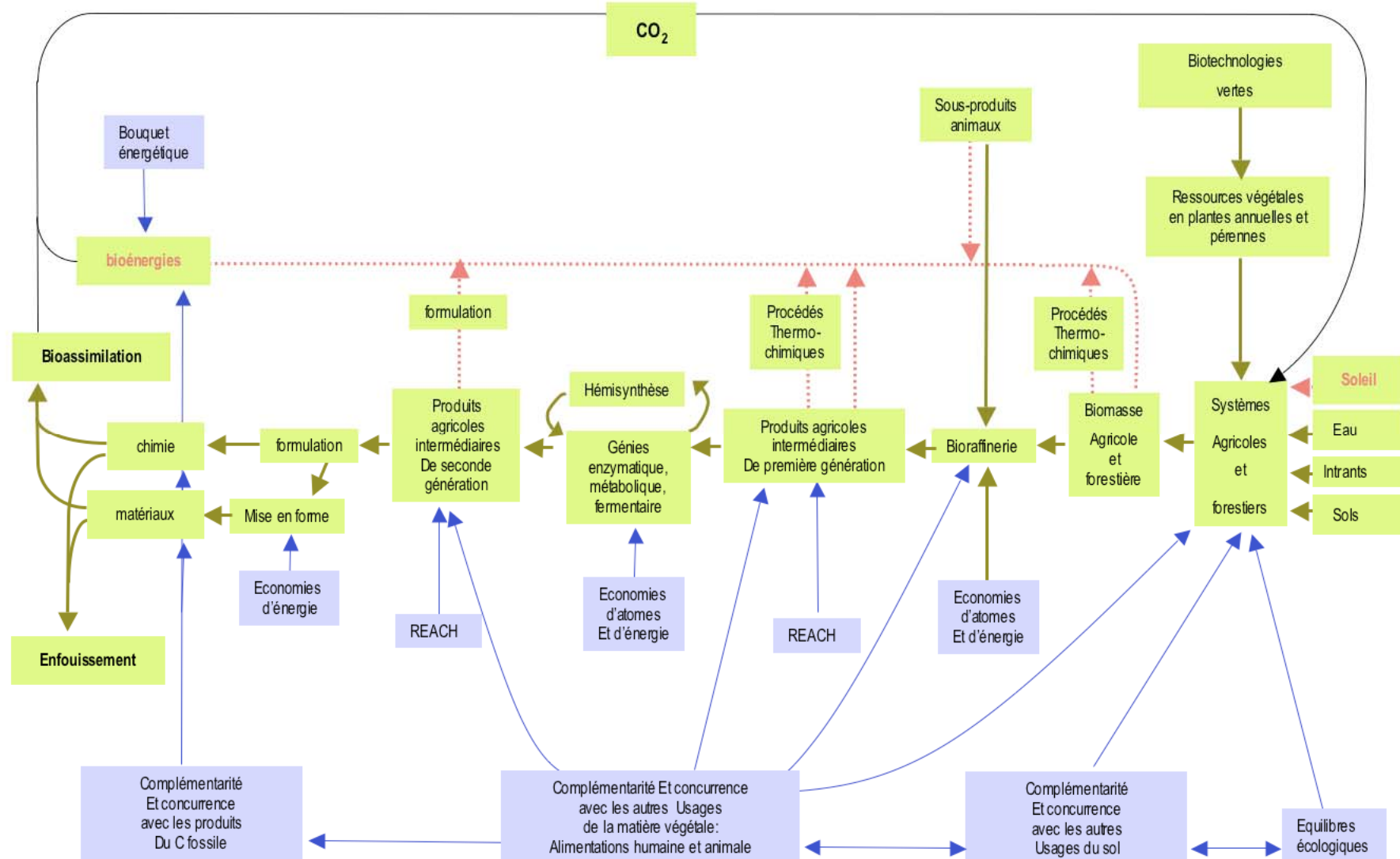
³ Anastas, P. T.; Warner, J. C. Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press: New York, 1998, p.30. les douze règles de la chimie verte sont :

1 – Prévention ; 2 - Économie d'atomes ; 3 - Synthèses chimiques moins toxiques ; 4 - Conception de produits chimiques plus sécuritaires ; 5 - Solvants et auxiliaires plus sécuritaires ; 6 - Amélioration du rendement énergétique ; 7 - Utilisation de matières premières renouvelables ; 8 - Réduction de la quantité de produits dérivés ; 9 - Catalyse avec les procédés non stochiométriques ; 10 - Conception de substances non persistantes ; 11 - Analyse en temps réel de la lutte contre la pollution ; 12 - Chimie essentiellement sécuritaire afin de prévenir les accidents

⁴ REGULATION (EC) No 1907/2006 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)

⁵ <http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>. Loi d'orientation de l'agriculture de 2006.

Figure 1 : relations entre les activités de recherche propres à ToB3 , le cycle du Carbone et les enjeux majeurs gouvernant ce champ : flux de carbone (vert : carbone biologique ; noir : CO₂), d'énergie (rouge) et liens avec les enjeux (bleu).



4 Analyse des forces mobilisées sur la thématique

Ce domaine de recherche existe depuis la création de l'INRA avec les recherches dans le domaine de la **forêt** (département FMN puis département EFPA). Au sein de cette filière, les travaux ont été progressivement étendus vers les utilisations des produits de la forêt, en particulier le bois matériau.

Dans le domaine des plantes de grande culture, ce sont les **valorisations non alimentaires** des excédents agricoles qui se sont développées à la fin des années 1980, au delà des sujets historiques sur les plantes à fibres (lin, chanvre). L'UMR 1010 Chimie des Agro-ressources (CAI ; ENS Chimie Toulouse, devenue ENSIACET) a une antériorité incontestable dans ce domaine. Ce n'est qu'avec la mise en place de la jachère obligatoire par l'Union Européenne en 1992 que les recherches sur les usages non alimentaires à l'INRA sont passées du stade anecdotique à un stade volontariste, en parallèle avec les usages alimentaires. Initiées surtout au sein de l'ex-département TPV (Technologie des produits végétaux), ces recherches ont progressivement étendu leur logique à l'ensemble des départements concernés par les filières végétales, en particulier GAP et EA. La biodégradabilité a été le deuxième moteur de ces travaux, qui s'inscrivent maintenant dans une dynamique plus large de durabilité des sociétés (cf. 5 enjeux au §.3). La **biodégradabilité** des divers produits issus du Carbone renouvelable, surtout lorsque des hémissynthèses sont mises en œuvre, nécessite un examen au cas par cas, pour appréhender finement les phénomènes de biodégradabilité et de bioassimilation dans les conditions d'usage des bioproduits: la mise en œuvre de Carbone renouvelable n'est pas synonyme de Carbone propre.

La problématique des recherches est ainsi passée d'un paradigme d'optimisation de l'usage des ressources à la recherche de solutions aux cinq enjeux énoncés précédemment. La transition énergétique et climatique a suscité en 2005 une mobilisation sectorielle sur des objectifs essentiellement **énergétiques**, sans que toutefois les autres finalités n'aient été remises en cause. Les bioénergies ont en effet des liens cohérents avec les biomolécules et les biomatériaux pour deux raisons :

- les co-produits de la bioraffinerie peuvent contribuer à des valorisations énergétiques, tout comme à la chimie verte ;
- la lignocellulose, ressource primaire pour la bioénergie, est aussi une voie d'entrée sur les biomolécules et les biomatériaux, via les bioprocédés.

Aborder les trois finalités bioénergies, biomolécules et biomatériaux simultanément est de fait fondé au plan des recherches. Toutefois les besoins de terres ne sont pas du même ordre de grandeur pour les bioénergies et la chimie.

10 départements INRA se trouvent aujourd'hui impliqués peu ou prou dans cette thématique finalisée. Trois classes de compétences et de ressources ont été distinguées :

- les forces dédiées strictement au thème considéré (exemples : *Miscanthus* ou bioéthanol) où les bioénergies, biomolécules et biomatériaux végétaux sont des objets d'étude.
- les forces duales dont les domaines d'intérêt comprennent tout aussi bien les finalités alimentaires que celles liées au Carbone renouvelable Carbio-2. (exemple : la bioraffinerie⁶).
- les forces génériques dont le succès à 3-5 ans affectera significativement l'orientation et l'efficacité des travaux entrepris dans les classes 1 et 2 (exemple : biosynthèse des parois végétales). L'évaluation des forces génériques comporte une précision moindre que celles des colonnes précédentes.

Figurent entre crochets [a; b ; c ; d]: (a) les ETP INRA correspondant à des ingénieurs, chargés et directeurs de recherche , (b) les ETP enseignants-chercheurs, (c) la ventilation des

⁶ une bioraffinerie (ou raffinerie végétale) est un ensemble technologique de procédés destiné à fractionner les composants de la plante récoltée (tiges, grains, tubercules,..) en classes tissulaires (fibres) et biochimiques (lipides, polysaccharides, saccharose, protéines) qui peuvent être ensuite si nécessaire fonctionnalisées, par différents procédés mécaniques, chimiques ou biologiques, afin d'obtenir des produits non alimentaires et alimentaires intermédiaires, commercialement utilisables tels que des fibres, des intermédiaires chimiques, des biopolymères. Ces produits intermédiaires sont ensuite directement utilisés ou formulés selon les besoins des industriels finaux (matériaux, carburants, détergences, lubrifiants,..).

24 postes attribués pour recrutement en 2007 et 2008 au titre de CARBIO-1 ou en anticipation de CARBIO-2, (d) les profils ouverts sur les quotas de départements durant ces deux mêmes années.

4.1 Approche par disciplines

Les forces ont été réparties dans quatre grandes disciplines (tableau 1) : sciences du vivant, sciences chimiques et des matériaux, sciences des procédés et enfin sciences économiques et sociales, montrant ainsi le caractère pluridisciplinaire de cette thématique.

Les forces ont été décrites au niveau des unités de recherches (annexe 1) et agrégées pour la présentation dans ce chapitre.

Globalement de l'ordre de trois cent ETP INRA contribuent à l'effort de recherche, dans le domaine considéré, en synergie avec 81 ETP d'enseignants chercheurs, via les UMR. Près de la moitié de ces effectifs sont engagés dans des recherches génériques ; le reste étant réparti à part approximativement égale, entre les recherches duales (près de 30%) et les recherches dédiées (un peu plus de 25%).

Tableau 1 : répartition disciplinaire des forces.

Discipline	Forces dédiées	Forces duales	Forces génériques	totaux
Science du vivant	[15,5 ; 3 ; 6 ; 1]	[48 ; 13 ; 2 ; 5]	[134 ; 20 ; 1 ; 3]	251,5
Sciences chimiques et des matériaux	[17 ; 25 ; 4 ; 0]	[23 ; 3 ; 1 ; 2]	[0 ; 0 ; 0 ; 0]	75
Sciences des procédés, complémentarités avec les autres usages de la matière végétale ou du sol	[14 ; 9 ; 6 ; 6]	[17 ; 5 ; 1 ; 2]	[9 ; 0 ; 0 ; 1]	70
Sciences économiques et sociales	[8 ; 1 ; 3 ; 0]	[6 ; 1 ; 0 ; 2]	[2 ; 1 ; 0 ; 1]	25
Totaux	[54,5 ; 38 ; 19 ; 7] soit 118,5	[94 ; 22 ; 4 ; 11] soit 131	[145 ; 21 ; 1 ; 5] soit 172	[293,5 ; 81 ; 24 ; 23] soit 421,5

Le renforcement du dispositif décidé en 2006 a compris :

- une première vague de 15 postes en 2007-2008 :

- 8 postes arbitrés en 2006 pour 2007 (6 CR + 2 IE-IR) + 2 postes (2 CR) sur quota des départements,
- Solde de 7 postes CARBIO arbitrés en 2007 pour 2008 (3 CR + 4 IE-IR) + 2 postes (1 CR + 1 IE) sur quota des départements ;

- une seconde vague de 12+3 postes additionnels en 2008 et 2009 dédiés :

- au projet versaillais BV-CEPIA-GAP (3 postes), tous arbitrés en 2007 pour 2008 (1 CR + 2 IE-IR),
- à la chimie verte (12 postes), dont 6 arbitrés en 2007 pour 2008 (4 CR + 2 IE-IR) + 3 postes (3 CR) sur quota des départements.

Les 24 postes ouverts en 2007 et 2008 par le collège de direction ont été accompagnés par 23 profils pris par les départements sur leurs quotas, aboutissant à un effort consolidé de 47 profils en 2 ans, soit de l'ordre de 10% des forces engagées globalement.

4.2 Approche par thèmes/objets/filières

Les effectifs mobilisés sur les différentes questions de recherche sont représentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Répartition des forces par objet.

objet	Forces dédiées	Forces duales	Forces génériques	totaux	Principales implantations
bioénergies	[27 ; 17 ; 12 ; 4]	[39 ; 9,5 ; 0 ; 4]	[69 ; 19 ; 1 ; 3]	204,5	Toulouse, Mons-Reims et Versailles-Grignon
bioraffinerie	[2 ; 8 ; 1 ; 0]	[12 ; 2,5 ; 1 ; 2]	[15 ; 0 ; 0 ; 0]	43,5	Montpellier, Nantes
biomolécules	[5 ; 2 ; 1 ; 2]	[15 ; 4 ; 3 ; 2]	[15 ; 0 ; 0 ; 0]	49	Nantes, Toulouse
matériaux	[6 ; 3 ; 3 ; 0]	[27 ; 6 ; 0 ; 2]	[22 ; 0 ; 0 ; 0]	69	Montpellier, Nantes, Reims
Bois matériau	[13 ; 8 ; 2 ; 1]	-	[22 ; 1 ; 0 ; 1]	48	Nancy, Bordeaux, Orléans
Totaux partiels	[53 ; 38 ; 19 ; 7] soit 117	[93 ; 22 ; 4 ; 10] soit 129	[143 ; 20 ; 1 ; 4] soit 168	289 ; 80 ; 24 ; 21] soit 414	
SAD hors Mirecourt	[1,5 ; 0 ; 0 ; 0]	[1 ; 0 ; 0 ; 1]	[2 ; 1 ; 0 ; 1]	7,5	
totaux	[54,5 ; 38 ; 19, 7] soit 118,5	[94 ; 22 ; 4 ; 11] soit 131	[145 ; 21 ; 1 ; 5] soit 172	293,5 ; 81 ; 24 ; 23] soit 421,5	

Les thématiques (7,5 ETP) du SAD ne peuvent pas être ventilées selon cette grille, à l'exception des 2 postes de Mirecourt (1 poste Carbio et son poste miroir).

A l'heure actuelle, les travaux de l'INRA concernent les biocarburants, la bioraffinerie, le bois matériau, la chimie, les bioindustries et les nanobiotechnologies.

Les **biocarburants** occupent la moitié des forces INRA. La filière de production de **biocarburants de première génération** (biodiesel et bioéthanol) dispose de l'essentiel des connaissances techniques nécessaires à son développement, et suscite peu d'investissements humains en recherche ; la question principale actuelle est l'incidence des volumes de coproduits générés par les cultures énergétiques sur les différentes filières agricoles. La **filière de seconde génération** lèvera l'hypothèque de la disponibilité des ressources avec l'utilisation de la plante entière et/ou des fractions inutilisables en alimentation. Les bioénergies posent trois questions centrales : la production en énergie primaire par hectare, la concentration géographique de la ressource énergétique et de la dégradation de la lignocellulose, ce qui comprend les complexes enzymatiques adaptés. Les cultures bioénergétiques doivent être intensives aux plans agronomique et écologique, avec de faibles niveaux d'intrants (fertilisants et phytosanitaires). Les besoins de connaissances s'étendent jusqu'au besoin d'outils de démonstration, pour évaluer les performances techniques, économiques et environnementales. Le basculement des recherches de la première vers la deuxième génération s'inscrit dans une logique de continuité. La faisabilité et l'horizon industriel sont à 10 ans. Le projet Futurol rassemble les acteurs privés et publics qui devrait aboutir à une technologie française intégrée. La production et la disponibilité de la biomasse ne sont que partiellement couverts par le projet Futurol, à la différence de la partie relative aux procédés de transformations. Ces résultats et projections mériteront d'être intégrés dans la prochaine feuille de route française consacrée à l'énergie.

La **bioraffinerie** est structurée essentiellement par les recherches sur le fractionnement par voie sèche à Montpellier (UMR Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes IATE) avec en amont la compréhension de la mise en place des tissus de réserve (UR Biopolymères, Interactions et Assemblages BIA, Nantes ; UR Institut Jean-Pierre Bourgin IJPB Grignon-Versailles).

Les recherches forestières se répartissent en trois groupes, EFPA pour la biologie, l'écologie, la sylviculture, CEPIA pour le matériau bois et SAE2 pour l'économie des ressources, de la filière. Le **bois matériau** est un thème traité en association avec AgroparisTech.

Les principales compétences en **chimie** sont présentes dans l'UMR 1010 Chimie des agro-ressources à Toulouse, avec une dominante en lipochimie. L'absence de compétences plus larges en chimie organique à l'Inra nécessite l'établissement d'interfaces durables avec d'autres organismes de recherche pour contribuer à l'apport de compétences. Ce choix assumé d'une faiblesse en chimie est la base de notre partenariat dans le programme interdisciplinaire CNRS « Chimie pour le développement durable ». Ce programme interdisciplinaire CPDD a pour objectif de mettre la chimie au service du développement durable, en fédérant toutes les disciplines autour d'une chimie « "pensée autrement" », accompagnant des changements de concepts et de pratiques. L'effort de recherche et d'innovation pour aller vers une Chimie « renouvelée », fédère autour de ce concept le département Chimie, et aussi les départements Environnement et Développement Durable, Sciences et Technologies de l'information et de l'Ingénierie, Sciences du Vivant et Sciences Humaines et Sociales. Signalons enfin l'existence de l'institut Carnot « *Chimie, environnement et développement durable* » (CED, Montpellier) qui rassemble des compétences significatives.

La thématique ToB3 apparaît bien représentée à l'INRA; elle s'inscrit dans le dispositif de plusieurs départements, sans redondance. Des synergies fondées sur des initiatives interdépartementales sont mises en évidence à Versailles (BV, CEPIA, GAP), Nancy (CEPIA, EFPA), Toulouse (CEPIA, MICA et SAD-EFPA).

Cette description fait cependant apparaître en creux :

- la faiblesse de l'**intégration** de ces recherches par filière, ou objet. Les principaux efforts de recherche sont fondés sur des approches disciplinaires/réductionnistes, aux dépens d'approches holistiques, moins attendues par les clients de la recherche. Les travaux des socio-économistes de l'agriculture sont découplés de ceux des départements « biologiques » et « biotechniques », avec une large impasse sur les bioindustries. Ce sont souvent les projets déposés en réponse à des appels ANR ou européens qui amènent des équipes INRA à collaborer dans des projets interdisciplinaires. En particulier trois questions méritent une approche interdisciplinaire au sein de l'INRA:

- les analyses de cycle de vie (ACV) et l'évaluation des empreintes écologiques dans les systèmes agronomiques et technologiques, qui doivent éclairer les questions de recherches biotechniques sur la durabilité,
- la bioraffinerie qui crée une unité de lieu pour le choix des végétaux, les techniques mises en œuvre, le tout dans un bassin de production, en regard d'usages diversifiés,
- les coordinations entre acteurs de l'agriculture et de l'industrie, pour les choix industriels, l'innovation et les marchés, y compris celui des crédits de Carbone.
- Dans ce paysage, l'ouverture de l'ARP « *Quels végétaux et quels systèmes de production durables pour la biomasse dans l'avenir ?* » offre l'opportunité d'initier cette réflexion intégrative et prospective, dans un périmètre très élargi.

- L'absence de travaux propres à l'Inra sur les procédés de **thermochimie** (voie sèche). Les trois questions principales actuelles sont (i) la collecte et la préparation de la biomasse, (ii) la gazéification et la purification des gaz, (iii) l'amélioration des rendements massiques et énergétique par la voie allothermique. L'Allemagne est très avancée dans ce domaine de recherche. En France le pôle de compétitivité TENERDIS rassemble les principaux acteurs avec un financement des projets dans le programme « Bioénergies » de l'ANR. La faisabilité et l'horizon industriel sont à 20 ans. A côté de l'UTC et de l'Ecole des Mines d'Albi, seul le CIRAD, en particulier l'UPR 41 Biomasse-énergie, possède des compétences reconnues et des outils de démonstration.

- la faible demande d'innovations en **génie des procédés** alors que la durabilité requiert des procédés sobres (eau, énergie) et sans effet sur l'environnement. Les recherches actuelles utilisent des procédés éprouvés dans le domaine alimentaire ou de la chimie, sans innovation spécifique majeure.

4.3 Approche par sites

L'approche par site qui découle de la fusion des deux analyses précédentes, montre un fléchage géographique des recrutements, en réponse à la dispersion géographique décrite dans CARBIO-I. Le croisement des compétences, des métiers, des champs et des sites permet d'afficher cinq projets structurants majeurs, regroupant chacun au moins 25 ETP :

- A Versailles-Grignon, l'affirmation d'un pôle triple : l'IJPB, avec la biologie végétale et la chimie verte sur plusieurs thèmes : les lipides et les parois secondaires, en articulation avec la biologie structurale et la génomique fonctionnelle ; l'agronomie portant sur la conduite des cultures ; la durabilité des systèmes et les impacts agro-environnementaux ; et la socio-économie.
- A Mons-Reims, un ensemble de recherches analytiques et intégrées et de dispositifs expérimentaux lourds, dont les essais de *Miscanthus giganteus*.
- A Toulouse, l'affirmation d'un pôle de recherche sur les biotechnologies blanches à partir du noyau constitué par l'UMR IBSP, en miroir de la chimie présente à l'UMR CAI 1010.
- A Nantes, l'affirmation d'un pôle biopolymères recouvrant la biologie structurale, la formulation, les matériaux et les nanotechnologies
- la confirmation du modèle peuplier en taillis à courte rotation (TCR) à Nancy avec un pôle de compétences sur l'optimisation des itinéraires techniques et à Orléans un pôle de compétence sur l'amélioration génétique des peupliers en vue de leur culture en TCR.

Les autres objectifs mettent en jeu des moyens plus limités et s'inscrivent dans un fonctionnement en réseau

La forte association de l'Inra dans des partenariats académiques locaux (UMR) vient renforcer notre dispositif à Montpellier, Nancy, Mons-Reims, Toulouse, Versailles-Grignon.

4.4 Analyse du dispositif INRA dans le contexte national

L'analyse (tableau 3) regroupe l'ensemble des unités UP et UMR.

Tableau 3 : analyse SWOT du dispositif INRA

forces	faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compétences disciplinaires en biotechnologies blanches et vertes, en biologie structurale, en socio-économie. ▪ croissance des compétences en biologie intégrative. ▪ Capacité à mettre en œuvre des études couplant la production végétale à l'optimisation des aptitudes à l'usage, voire la transformation, par filières. ▪ Plateformes technologiques compétitives 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chimie pure ▪ Faible transcription des recherches en développements technologiques ▪ Intégration interdisciplinaire et coordination ▪ Dispersion géographique, sans lien avec des situations locales particulières ▪ Absence de culture globale, de convergences méthodologiques, de capitalisation, d'animation ▪ Lisibilité et visibilité du dispositif ▪ Veille prospective et réglementaire, publications de synthèse.
opportunités	menaces
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demande sociétales multiples, dont plusieurs pôles de compétitivité ▪ Ressources nationales non INRA dispersées (hors CIRAD) ▪ Besoin d'une analyse de durabilité des systèmes technologiques ▪ Complémentarité avec le dispositif CIRAD (en cours d'analyse approfondie) ▪ ANR : appels bioénergies, chimie et procédés pour le développement durable, nanosciences et nanotechnologies ▪ ADEME : appel Biomasse, innovations et performances (BIP) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demandes sociétales contradictoires ▪ Les demandes de produits de substitution du C fossile l'emportent sur l'examen des innovations de rupture (biotechnologies blanches et vertes, nanobiotechnologies) ▪ Carnot : « Chimie, Environnement et Développement Durable » à Montpellier, « Énergie et Environnement » en Lorraine, « Lipides pour l'Industrie et la Santé » à Bordeaux ▪ ;

5 Analyse des verrous et priorités scientifiques

Les questions de recherche posées par les ToB3 ne sont pas nécessairement spécifiques et se retrouvent dans d'autres champs (durabilité des systèmes alimentaires par exemple). Cependant les aborder amène parfois à modifier la hiérarchie, le degré d'urgence ou l'intérêt scientifique en regard d'autres finalités.

Le remplacement du Carbone fossile par du Carbone renouvelable, principalement dans le domaine de la chimie, avec les outputs (bioéthanol de 2^{ème} génération, matériaux, agrosynthons, fibres), conduit à envisager de **nouvelles activités économiques** susceptibles d'apporter des produits d'abord de substitution de ceux issus du C fossile, puis des produits nouveaux (exemple des nanobiotechnologies). Cette mutation des filières agricoles et industrielles concernées vers ces nouvelles finalités s'inscrit dans l'hypothèse de M. Porter⁷ où des gains de compétitivité sont prévisibles, bénéfice insuffisamment mis en avant dans les analyses actuelles.

Les innovations dans des domaines en rapide évolution s'inscrivent dans les **biotechnologies blanches** (enzymes artificielles, nanosomes, génie métabolique et du design de souches recombinantes à partir d'approches d'analyse métabolique), les **biotechnologies vertes** (au delà des incertitudes actuelles liées aux OGM) et les nanotechnologies. La biologie structurale des tissus concernés a atteint un niveau de développement et de maturité suffisant.

En découle le besoin de consolider nos atouts à l'Inra :

- à Versailles dans le pôle de Biologie Végétale et chimie verte,
- à Nantes sur la formulation et les nanotechnologies,
- à Toulouse sur les génies enzymatique, fermentaire et métabolique.

⁷ <http://www.isc.hbs.edu/index3.html>

Les **espèces** d'intérêt agronomique fortement représentées à l'Inra sont pour les espèces annuelles, le colza, le tournesol « oléique », le maïs, le blé, le sorgho et le triticales, et pour les plantes pérennes, le peuplier principalement suivi de *Miscanthus*.

A partir de l'identification des végétaux d'intérêt, se posent trois questions à des échelles différentes :

-1- **l'adaptation de la plante entière** (sans omettre les restitutions au sol) et donc de chacun de ses tissus et composants, à ses usages, dont l'adaptation aux technologies de fractionnement et de transformation, pour satisfaire les critères d'économie d'énergie et d'atomes. L'accès à une large diversité biologique est une clé de succès. Il est important de développer des actions de créations variétales, pour adapter des espèces de grandes cultures (ou des espèces nouvelles d'ailleurs) à ces utilisations, soit à partir d'études effectuées directement sur ces espèces, soit basées sur les connaissances acquises avec des espèces modèles (et donc faciliter le transfert de connaissances), démarche adoptée dans d'autres pays. La place que pourraient occuper les algues dans cette palette de ressources végétales est une question ouverte, qui relève actuellement des travaux du CEA, l'IFREMER et de l'UMR GEPEA (Nantes). L'ouverture à des plantes particulières (microconstituants, arômes, ...) ou aptes à se développer sur des terres peu fertiles, est une question qui méritera d'être abordée dans des partenariats nationaux (CIRAD) ou au delà. Une problématique particulière est posée par la réduction de productivité des espèces adaptées spécifiquement (exemple avec la ligno-cellulose et les lipides) ce qui débouche sur les problématiques de découplage entre les cycles du carbone et de l'azote pour les forts taux d'exportation d'une part, de régulation du rapport C/N et de l'équilibre composés de réserve/protéines dans les organes de réserve d'autre part. Les deux verrous techniques dans ces domaines sont la disponibilité d'outils de phénotypage/screening à haut débit, et d'une plateforme de transgénèse de plantes supérieures pour tester les hypothèses liées à la modification de voie de biosynthèse.

-2- dépasser l'analyse de filière bijective « un végétal - un produit » par une **approche intégrée comprenant l'ensemble des finalités alimentaires, non alimentaires, ou liées au paysage et au développement des territoires** (bioréhabilitation des friches polluées, zones alluviales et d'épandage).

L'enjeu est de produire des connaissances permettant d'aider les acteurs des filières et les pouvoirs publics à connecter, dans la gestion des innovations, les dimensions agricole, industrielle, écologique et territoriale.

La **bioraffinerie** permet intrinsèquement d'élargir la palette de produits, gagnant ainsi en flexibilité pour s'adapter aux demandes du marché et tirer partie des structures élémentaires des monomères biologiques. La bioraffinerie est une étape clé où se confrontent les besoins de structures d'origine définies et régulières et les disponibilités. La bioraffinerie est alors un second point de régulation, après l'assolement, avec une ventilation des produits en fonction des opportunités des marchés. Se dessine alors le besoin d'identifier les systèmes de culture non alimentaire dans une perspective de durabilité et de résilience : niveau d'intrants, dispersion des pathogènes, conservation des sols, changements biophysiques des surfaces et ressources en eau, résultats économiques. Ces systèmes doivent être étudiés avec une spatialisation des différents agro-systèmes, sur une large gamme d'échelle de temps. L'introduction de cultures nouvelles (*Miscanthus* par exemple) ou l'extension importante d'une culture préexistante (colza par exemple) pose les problèmes de (i) l'identification et de l'évolution des **bioagresseurs**, aussi bien sous l'angle des bioagresseurs des cultures à vocation énergétique que sous l'angle des impacts indirects sur les cultures existantes, et (ii) des moyens de lutte suite à ces modifications majeures des systèmes de culture. Une exploitation plus intensive du bois des haies et des petites forêts privées pourrait également remettre en cause leurs fonctions écologiques au sein des paysages agricoles, en particulier vis-à-vis de la biodiversité fonctionnelle ou patrimoniale.

Une attention particulière doit être accordée à la place qu'occupera la bioraffinerie de troisième génération dans cet ensemble en regard de l'alimentation animale des animaux de rente. Le développement de ces bioraffineries et leurs localisations délimiteront ainsi l'importance quantitative des co-produits pour les animaux, leur valorisation par les animaux, jusqu'à leur intégration à l'échelle d'un système de production.

Enfin, l'impact en termes de **structuration économique** des filières pose, d'une part, la

question des stratégies industrielles de ces firmes multiproduits et des structures de marché qu'elles impliquent, et, d'autre part, celle de la localisation optimale des bioraffineries et de leurs fournisseurs agricoles.

-3- Appréhender les systèmes de production de la ressource et de ses transformations, sur la base d'un **éco-bilan complet** (eau, énergie, économies d'atomes, d'intrants, ...). Les concurrences d'usage des sols reposent la question de la place à accorder à la productivité tant pour les plantes dédiées que pour les plantes à usages multiples. La génétique (gènes d'intérêt) et l'écophysiologie (robustesse phénotypique) occupent ici une place centrale.

Les **forêts** avec leurs temps caractéristiques longs, posent quatre questions spécifiques : (i) impacts des prélèvements massifs de bois-énergie et bois-matériau sur la qualité des sols forestiers, de manière à garantir la gestion durable des écosystèmes forestiers; (ii) la méthodologie de création de modèles d'aides à la décision (échelle régionale, ressources, prélèvements, bilans d'énergie et GES) ; (iii) la compétition entre secteurs industriels au sein de la filière bois-énergie (bois d'œuvre, trituration, énergie); (iv) les impacts du changement climatique à 50 ans.

Les **plantes de grande culture** posent la problématique de l'identification et de la modélisation *in silico* des itinéraires technologiques depuis les productions végétales mises en oeuvre jusqu'aux produits finaux. Les systèmes technologiques recouvrent les différentes manières de transformer (itinéraire technologique), d'organiser les régulations entre les différentes finalités alimentaires et chimie verte, et de répartir ces activités aux différentes échelles, du bassin de production aux clusters d'entreprises. La recherche systémique nécessaire à ce niveau est de nature interdisciplinaire, c'est à dire avec une compréhension des autres logiques au sein d'une problématique globale. La modélisation des procédés technologiques et de leurs pratiques permettrait alors de prédire le domaine des fonctionnements possibles en fonction des variables d'entrées (attentes, contraintes environnementales et politiques). L'impact des politiques volontaires de développement des biocarburants est à analyser depuis l'international jusqu'aux exploitations de grande culture, avec l'évaluation *ex ante* des modalités de gestion territoriale des cultures destinées à la production de biocarburants, et particulièrement des couverts pérennes dédiés à des filières ligno-cellulosiques. Une difficulté propre à ce champ est le découplage qui pourrait s'instituer entre les productions métropolitaines de matière végétale, en compétition avec les importations au niveau mondial et des industries métropolitaines, depuis la bioraffinerie jusqu'à la formulation.

Ces verrous se distinguent par leur questionnement, et aussi par les compétences à mobiliser et démarches à organiser. L'intégration de ces verrous dans une politique de recherche conduit à amalgamer plusieurs paradigmes scientifiques, technologiques et sociaux-économiques qui doivent être considérés tant à des échelles locales, qu'européennes et internationales. En sortiront des réponses aux controverses sociétales qui traversent les sociétés occidentales, sur l'opposition ou la complémentarité entre alimentation humaine, alimentation animale et l'ensemble B3.

D'autres questions mériteront de poursuivre une **réflexion au delà du groupe de travail actuel** :

↳ L'opportunité d'investir l'espèce modèle monocotylédone (*Brachypodium*) plus représentative des espèces d'intérêt agronomique, comme *Arabidopsis thaliana* l'est pour le colza et le tournesol. Le riz, céréale dont le génome est complètement séquencé, n'a pas donné les facilités escomptées pour aborder le blé et le maïs. Une autre solution serait de recourir à l'orge, prochainement disponible au plan génomique. L'analyse stratégique devra se fonder sur une approche des ressources disponibles au plan international, de l'adéquation des espèces modèles aux traits et fonctions étudiés à l'INRA, et des capacités d'adhésion des chercheurs de l'INRA à des initiatives étrangères ou internationales.

↳ L'ingénierie métabolique, jusqu'à la biologie synthétique, est incontournable à l'heure actuelle, surtout dans le contexte des biotechnologies blanches, en liaison étroite avec l'ingénierie enzymatique. Une génomique intelligente est à portée de main, permettant de dépasser l'éthanol comme cible triviale, pour envisager d'autres molécules plus adaptées

aux besoins de la chimie et de l'énergie.

- ↪ L'ampleur des problématiques et leur imbrication conduisent à entreprendre simultanément des approches systémiques et réductionnistes, ce qui nécessite une animation dédiée pour croiser les activités.
- ↪ les valorisations des farines animales et des liqueurs noires de papeterie
- ↪ Les productions animales génèrent chaque année 600 000 tonnes de farines non valorisables en alimentations humaine ou animale: elles sont traitées par combustion (fours de cimenterie). Un examen des solutions d'emploi pourrait faire l'objet d'un groupe de travail. La même réflexion pourrait être entreprise sur les liqueurs noires de papeterie.
- ↪ Les micro-constituants des plantes, pour les productions locales à très forte valeur ajoutée et composante identitaire. Le pôle de compétitivité « *Produits agroaromatiques et cosmétiques* » (Pass) pourrait être associé à cette réflexion.
- ↪ Le positionnement international de l'INRA mériterait d'être analysé en recourant aussi à des outils d'analyse bibliométrique. Les recherches pourront être réfléchies dans une logique de spécialisation positive⁸.

⁸ B. van Pottelsberghe. EUROPE'S R&D: Missing the wrong target ? Bruegel policybrief. Issue 2008/03. Feb 2008.

6 Proposition de plan d'action

L'analyse des enjeux, et des forces mobilisées à l'Inra démontre que l'INRA peut ambitionner de jouer un rôle majeur sur cette thématique ToB3. L'adéquation du dispositif au regard des missions de l'institut, compte tenu des cinq enjeux (p. 3) repose sur quatre lignes d'action :

↳ Renforcer le dispositif pour préserver nos atouts et assainir les points de faiblesse, avec des propositions de recrutement thème/corps/unité/département.

A partir de l'analyse précédente, des SSD, des recrutements 2007 et 2008 dans ce cadre, les lignes directrices des prochains recrutements sont :

- en termes de disciplines : renforcer prioritairement les compétences dans les sciences du vivant, biotechnologies blanches et vertes qui sont les moteurs de cette recherche orientée, la chimie n'ouvrant pas des espaces de liberté et créativité comparables pour l'INRA. L'INRA peut revendiquer légitimement un rôle de pilote sur ces deux axes.
- en termes d'objets d'étude, accroître les travaux concernant les approches intégratrices jusqu'aux modélisations et simulations technique, économique et environnementales.

16 profils jugés éligibles par la commission (tableau 4), organisés autour des questions prioritaires (champ de recrutement) présentées au § 5, sont données ci-dessous, avec les intitulés de postes et leur localisation. La répartition de ces profils entre une contribution propre des départements (mobilité thématique interne ou demande de recrutements sur minima garantis des départements concernés) et les moyens additionnels apportés par cette opération (6 postes résiduels sur la deuxième vague prévue de recrutements) nécessitera une clarification par le Collège de Direction lors de l'instruction budgétaire à l'attention des Chefs de département.

↳ L'INRA étant structuré par une organisation disciplinaire, les travaux s'inscrivent dans les SSD de plusieurs départements : une **animation spécifique inter-départements** mérite d'être mise en œuvre sur ToB3 pour :

- (i) favoriser l'émergence des nouvelles problématiques suite au groupe de travail sur les questions en approfondir,
- (ii) organiser les partenariats avec les acteurs des filières, et les pôles de compétitivité (Axelera à Lyon, Industries Agro-Ressources à Amiens-Reims, Fibres à Nancy), les acteurs du développement et du transfert technologique.,
- (iii) prendre en compte les questionnements des acteurs de ces filières en cohérence avec ceux portant des enjeux alimentaires aux différentes échelles nationales, européennes (plate-forme technologique « Food for life ») et internationales,
- (iv) amplifier les formations supérieures, avec l'intervention organisée de forces INRA. Une Ecole-chercheur à l'attention des agents INRA sera mise en place fin 2008 et contribuera à donner un fond culturel partagé aux chercheurs concernés.
- (v) capitaliser des données génétiques, agronomiques, technologiques, économiques, environnementales, pour leurs intégrations dans des modèles applicables aux différentes échelles locales, régionales, mondiales. En sortira un appui aux instances politiques pour l'établissement de dispositions normatives et réglementaires.

↳ Profiter du **rapprochement INRA-CIRAD** pour bénéficier des recherches à finalités énergétiques, élargir le spectre des espèces végétales (palmier, cocotier, soja, canne à sucre, sorgho, coton, Jatropha, eucalyptus, ...), se doter d'outils communs de capitalisation. Les outils de modélisation et de simulation des flux de matière, depuis la production jusqu'aux usages des produits, en incluant la variable spatialisée, comme ASPEN PLUS ou WinGEMS, sont à explorer dans ce cadre, afin de cerner tout besoin de recherche méthodologique à entreprendre entre le CIRAD et l'INRA.

↳ Etablir/maintenir un **partenariat** avec les acteurs tels que le CNRS-Chimie ou les laboratoires de recherche nord-américains en tirant partie de nos avantages compétitifs.

Tableau 4 : Liste récapitulative des intitulés de profils demandés par les départements

Enjeux du recrutement	Thème de recherche	Type	Site/UR/UMR, département/partenaire
Adapter la plante entière	6 profils		
Mise en place des structures du vivant	Formation, mise en place et structure des oléosomes en lien avec la disponibilité des lipides lors de l'extraction	CR	Grignon / LCB / CEPIA
	Analyse du contrôle de l'accumulation des composés de réserve (huile et protéines)	IE	Versailles / LBS / BV
	Optimisation du remplissage des graines en conditions de nutrition azotée limitante	CR/IR	Versailles / LNAP / BV ou GAP
	Déterminants critiques de l'élaboration du rendement en huile, de développer une vue intégrative de la balance carbone/azote dans la graine de colza, en s'appuyant aussi sur l'espèce modèle <i>Arabidopsis thaliana</i>	CR	GAP / Rennes
	Idéotype de paroi végétale de graminées : synthèse des composants pariétaux pendant la croissance, les relations entre mise en place des lignines, réticulation de la paroi	CR	GAP/Versailles
	Amélioration génétique de la qualité du bois produit dans les TCR de peuplier : valorisation du polymorphisme de l'ADN de gènes candidats	IR	EFPA/AGPF, UR Amélioration génétique et physiologie forestière, Orléans
Approches intégrées	8 profils		
Cultures	Bioagresseurs et cultures en extension/ introduction Nuisibilité des pathogènes	IR	SPE/Toulouse ou Rennes
Bioraffineries	Valeurs nutritives des co-produits issus des différentes filières d'utilisation de la biomasse à des fins non alimentaires et utilisation par les animaux d'élevage	IR	Rennes, UMR SENAH, PHASE
	Mécanismes d'adhésion entre les différentes structures tissulaires <i>in vitro</i> ou dans les matériaux <i>de novo</i>	CR	Nantes/BIA/CEPIA Profil dual
	Localisation des bioraffineries et structuration économique des filières	CR	Eco Pub/Grignon/SAE2
Biocarburants	Génie fermentaire pour les agrocarburants 2 G	IR	Toulouse/ISBP/CEPIA
Intermédiaires chimiques	Génie fermentaire / métabolique	CR	Toulouse/ISBP/MICA
	Plateau technique pour la préparation de molécules/synthons à des fins d'essais (formulation, systèmes auto-assemblés).	IE	Nantes/BIA/CEPIA
Coordination entre systèmes agricoles et filières industrielles	Etude des dispositifs de management de l'innovation dans les filières de transformation des agroressources	IR	UMR SAD APT Paris-Grignon (équipe Praxis-IFRIS)

Eco-bilans et évaluation des impacts écologiques	2 profils		
	Modélisation des biotransformations relatives à C et N dans le cas de cultures à vocation bioénergétique (introduisant un découplage entre les cycles du carbone et de l'azote).	CR	EA/FARE Reims
	Biomasse forestière et maintien des services écologiques	CR	SAD et EFPA DYNAFOR, UMR EFPA-SAD Dynamiques forestières dans les espaces ruraux, Toulouse

Annexe 1 : Les forces décrites au niveau des unités de recherches sont agrégées pour la présentation dans ce chapitre.

Science du vivant

département	Forces dédiées avec les implantations	Forces duales avec les implantations	Forces génériques avec les implantations
EA	UMR614 FARE Reims [2 ; 0 ; 0 ; 0]	UMR1221 LAE Nancy, UMR1248 AGIR Toulouse, UMR 950 EVA Caen, UMR1091 EGC Grignon, [12 ; 7 ; 0 ; 3]	UR102 URLEG Dijon, UMR1120 LSE Nancy, UMR1121 LAE Nancy, UMR 950 EVA Caen, UMR211 AGRO Grignon, [12 ; 16 ; 0 ; 1]
BV-GAP-CEPIA Projet ALICE-chimie Verte (Ligno-cellulose)	Versailles-Grignon : [1,5 BV + 2,5 CEPIA; 1; 3 BV ; 1 CEPIA]		
BV-GAP-CEPIA Projet ARCHIVE- chimie verte (Huiles et Protéines de réserve)		Versailles-Grignon : [1,6 BV + 0,65 GAP + 3 CEPIA ; 1 GAP ; 1 CEPIA]	
BV			Versailles (50%), Montpellier (25%) : métabolisme I, graines, nutrition 50 ETP (soit 50 % des effectifs)
GAP	Mons/Miscanthus [1 ; 0 ; 1 ; 0] Toulouse UMR parois graminées [1 ; 0 ; 0 ; 0] Lusignan maïs-graminées [1 ; 0 ; 0 ; 0]	Rennes : colza [6 ; 2 ; 0 ; 0] Mons : lin [0 ; 2 ; 0 ; 0] Mons : maïs [2 ; 0 ; 0 ; 0] Toulouse : tournesol [2 ; 0 ; 1 ; 0]	Clermont : graminées [1 ; 0 ; 0 ; 0] Versailles-Moulon Maïs générique [11 ; 3 ; 0 ; 0] Montpellier maïs [3 ; 0 ; 0 ; 0]
CEPIA	Reims/FARE 614/mise en place des fibres végétales des plantes annuelles, [4 ; 2 ; 1 ; 0]	Nantes/BIA 1268/mise en place des réserves amylacées et protéiques [18 ; 0 ; 0 ; 0] Grignon/CB 206/mise en place des réserves lipidiques [3 ; 1 ; 0 ; 0]	Nantes/Plateforme BIBS 1268/biologie structurale [15 ; 0 ; 0 ; 0] Grignon/CB 206/chimie des phénols [3 ; 0 ; 0 ; 0]
EFPA	Nancy ; écophysiologie et conduite des cultures de peuplier en TCR, [0 ; 0 ; 1 ; 0]		Orléans : transgénèse peuplier et qualité du bois peuplier et conifères [4 ; 0 ; 0 ; 0] Bordeaux : plateforme qualité bois pin maritime [2 ; 0 ; 1 ; 0] Nancy écophysiologie et pathologie peuplier et conifères [4 ; 0 ; 0 ; 0]

MICA	Marseille/BCF 1163/ basidiomycètes ligninolytiques [2 ; 1,5 ; 1 ; 0]	Theix/UR454/Enzymes fibrolytiques caractérisation [3 ; 0 ; 0 ; 0] Jouy/UR910/Enzymes xylanolytiques identification [2 ; 0 ; 0 ; 0]	Grignon/UMR1238/Génomique comparée fongique [2 ; 1 ; 0 ; 0]
SPE		Toulouse/LIPM/ mildiou tournesol [0 ; 0 ; 0 ; 1]	
PHASE	Caractérisation des co-produits (Rennes, Tours, Paris) [1,5 ; 0 ; 0 ; 0] Systèmes de production intégrant la valorisation non alimentaire de la biomasse et de ses co-produits (Rennes, Paris) [3 ; 0 ; 0 ; 0]		Processus de digestion des aliments pour les animaux, contamination (Theix, Rennes, Tours, Nancy) [20 ; 0 ; 0 ; 2] Conception et évaluation de systèmes d'élevage innovants [10 ; 0 ; 0 ; 0]
Totaux			

Sciences chimiques et des matériaux

département	Forces dédiées avec les implantations	Forces duales avec les implantations	Forces génériques avec les implantations
EFPA	Nancy/Lerfob/bois matériau-bois biomasse [5 ; 0 ; 0 ; 0]		
CEPIA	Toulouse/CAI 1010/fractionnement, lipochimie, matériaux [2 ; 10 ; 1 ; 0] Bordeaux/US2B 927/bois-matériau_chimie [2 ; >10 ; 0 ; 0] Nancy/Lermab 1093 puis Lerfob/bois-matériau [4 ; 3 ; 0 ; 0] Nantes/BIA 1268/nanotechnologies, [2 ; 0 ; 2 ; 0] Reims/FARE 614/matériaux et composites, [2 ; 2 ; 2 ; 0]	Montpellier/IATE 1208/fractionnement et génie particulaire [7 ; 2,5 ; 0 ; 1] Montpellier/SPO /poyphénols [1 ; 0,5 ; 0 ; 0] Nantes/BIA 1268/matériaux, mousses, émulsions, nanomatériaux [15 ; 0 ; 2 ; 0]	

Sciences des procédés, complémentarités avec les autres usages de la matière végétale ou du sol

département	Forces dédiées avec les implantations	Forces duales avec les implantations	Forces génériques avec les implantations
EA	US1158 Agroimpact Laon, UR50 LBE Narbonne [3;0;3;2]	US1158 Agroimpact Laon, UR50 LBE Narbonne [14 ; 0 ; 0 ; 1]	US1106 INFOSOL Orléans, UMR1069 SAS Rennes [9 ; 0 ; 0 ; 1]
MICA	Grignon/MGM 1238/composés hydrophobes [0 ; 1,5 ; 0 ; 0] Toulouse/ISBP 792/génies fermentaire et métabolique [1 ; 4 ; 1 ; 0]	Grignon/ MGM 1238/génie fermentaire/lipides [0 ; 1,5 ; 0 ; 0] Toulouse/ISBP 792/génies fermentaire et métabolique butanol, propane-diol [1 ; 4 ; 1 ; 0]	Grignon/UMR1238/régulation et modélisation du métabolisme carboné
CEPIA	Marseille/BCF 1163/ enzymes ligninolytiques, [2 ; 2 ; 1 ; 0] Toulouse/ISBP 792/génie fermentaire [2 ; 4 ; 1 ; 1] (éthanol) et génie enzymatique [4 ; 3 ; 1 ; 2]	Montpellier/IATE 1208/ matériaux [2 ; 5 ; 0 ; 1 CR]	
SAD	Gestion territoriale des couverts pérennes dédiés à la production de « biocarburant, [2 ; 0 ; 1 ; 1] UR Mirecourt, Nancy		

Sciences économiques et sociales

département	Forces dédiées avec les principales implantations	Forces duales avec les principales implantations	Forces génériques avec les principales implantations
SAD	valorisation des terrains pollués par les cultures non-alimentaires UR SAD Activités Produits Territoires, Versailles-Grignon, [1 ; 0 ; 0 ; 0] Dispositifs de management de l'innovation dans les filières de transformation des agro-ressources UR SAD Activités Produits Territoires, Versailles-Grignon [0,5 ; 0 ; 0 ; 0]	Coexistence de filières Gestion de la petite forêt fragmentée UMR Dynafor, Toulouse [1 ; 0 ; 0 ; 1]	Coexistence de filières UMR SAD APT Grignon [2 ; 1 ; 0 ; 1]

SAE2	<p>Grignon/UMR 210 Eco publique / coûts de production et comportements microéconomiques des producteurs [2 ; 0 ; 0 ; 1 dt 1 DR2 dpt]</p> <p>- Grignon/UMR 210 Eco publique / modélisation des marchés mondiaux (couplage secteur agricole et énergie) et usage des sols [4 ; 1 ; 2 ; 0.5]</p> <p>- Grignon/UMR 210 Eco publique / impacts environnementaux [2 ; 0 ; 1 ; 0]</p>	<p>- Rennes/UMR SMART / modélisation des marchés européens et mondiaux (impacts de biocarburants) [3 ; 0 ; 0 ; 0]</p> <p>- Toulouse/UMR LERNA / Développement durable de long terme intégrant secteur de l'énergie et progrès technique [2 ; 1 ; 0 ; 1]</p>	<p>- Microéconomie des exploitations agricoles (Eco Publique, Grignon ; SMART, Rennes)</p> <p>- Modélisation des marchés (Eco Publique, Grignon ; SMART, Rennes)</p> <p>- Economie et sociologie de l'innovation (GAEL, Grenoble ; TSV & IFRIS, Ivry-sur-Seine & Marne-La-Vallée)</p> <p>- Economie de l'environnement et des ressources (Eco Publique, Grignon ; LERNA, Toulouse)</p>
------	--	---	--