

## **Le réseau d'essai « biomasse » de FCBA**

L'expérience acquise au cours de ces trente dernières années autour des problématiques des essences à croissance rapide a permis à FCBA de réinvestir récemment les domaines de recherche concernant la production de biomasse ligneuse. Ce savoir-faire est basé sur un réseau d'essai qui a pour objectif d'étudier les rendements et la qualité de la biomasse produite, ainsi que les conditions technico-économiques de la production. Ce réseau s'ouvre à de nouvelles sylvicultures (TTCR, TCR, peuplements semi-dédiés) et à de nouvelles problématiques dépassant la simple production quantitative de biomasse. Il s'agit désormais d'identifier les meilleurs itinéraires de culture en fonction de leur production, mais aussi de leurs effets sur les milieux qu'ils occuperont.

Depuis quelques années, une utilisation accrue de la biomasse apparaît comme incontournable pour augmenter la production d'énergies renouvelables et réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES). Actuellement, la biomasse utilisée pour la valorisation énergétique provient principalement de produits connexes de l'industrie du bois (chutes de bois, écorces, liqueur noire...), de co-produits de l'agriculture (pailles) ou de la forêt (rémanents d'exploitation, bois accidentés et dépérissants), mais également des centres de recyclage (taille de haie, refus de compostage, emballages en fin de vie, bois de déconstruction). L'augmentation prévisible de la consommation met en évidence le besoin de mise en place de systèmes de culture entièrement tournés vers la production de biomasse. Dans le même temps, il faudra gérer des conflits d'usage entre les surfaces destinées à l'alimentation et les surfaces dédiées à la production de biomasse.

Parallèlement aux cultures énergétiques « agricoles » telles que Miscanthus, Switchgrass, triticale, un certain nombre d'espèces ligneuses, connues pour leur forte vigueur juvénile, présentent un intérêt certain pour produire rapidement une biomasse de qualité et dans de bonnes conditions environnementales. Certaines de ces espèces sont connues depuis fort longtemps, d'autres sont apparues plus récemment.

Depuis une trentaine d'année, FCBA a travaillé sur ces espèces à croissance rapide, avec le plus souvent un objectif de production de bois de trituration (peuplier, eucalyptus). En nous appuyant sur cette expérience, nous avons renouvelé récemment notre réseau d'essai, en élargissant la gamme des sylvicultures et des espèces étudiées. Ce réseau a pour objectif d'étudier les rendements et la qualité de la biomasse produite, les conditions technico-économiques de la production, mais aussi d'être le support de recherches sur les effets environnementaux de ces productions spécialisées (intrants, biodiversité, sols, etc.).

## Les nouveaux essais

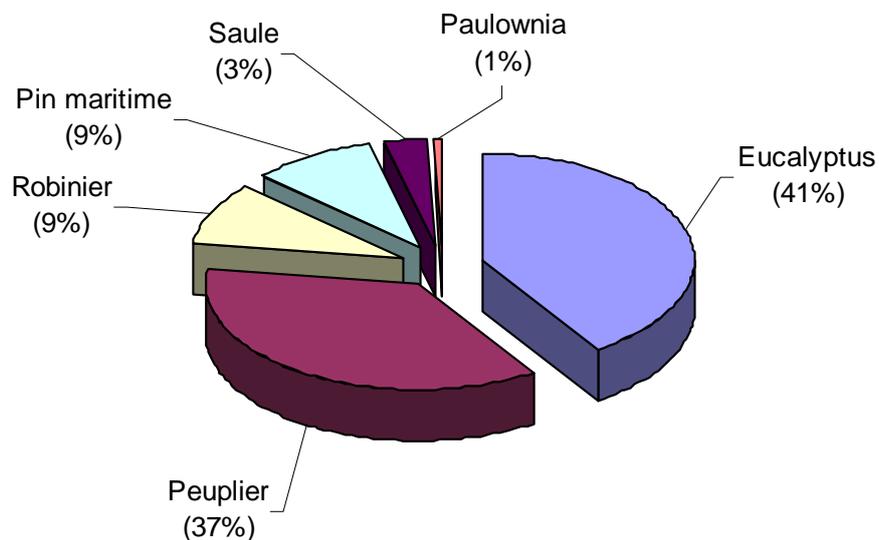
Avec le concours financier de l'ANR (Agence nationale de la recherche) et de divers autres partenaires, FCBA a pu installer depuis 2006, sur plus d'une quinzaine de sites, plusieurs parcelles expérimentales à vocation « biomasse ». Les projets sont généralement réalisés en collaboration avec d'autres instituts de recherche (INRA) ou de développement (GIE Arvalis-Onidol, Chambres d'Agriculture, In Vivo) et associent parfois aux ligneux des cultures herbacées pérennes (Miscanthus).

Ainsi, 6 espèces ligneuses ont été implantées, souvent en comparant plusieurs espèces, plusieurs sylvicultures et plusieurs origines génétiques (**Tableau 1**). Les espèces les mieux connues (peuplier et eucalyptus) couvrent, à elles seules, les trois-quarts des surfaces plantées. Certains essais utilisent les pins maritimes selon des itinéraires entièrement ou partiellement orientés vers la production de biomasse (itinéraires semi-dédiés). Les essais couvrent pour l'instant 12 départements (7 régions), avec bien entendu une répartition différente selon les essences utilisées (**Figure 2**).

Tableau 1 : Répartition des nouvelles parcelles à vocation « biomasse » installées par FCBA depuis le printemps 2006

Essence	Nombre de sites (1)	Surface totale (ha)	Ventilation par sylviculture		
			Futaie	TCR	TTCR
Eucalyptus	16	12		7,8	4
Paulownia	1	0,2		0,2	
Peuplier	18	10,8	0,5	5,4	4,9
Pin maritime	1	2,7	2,7		
Robinier	7	2,8		2	0,8
Saule	4	1			1
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>29,4</b>	<b>3,2</b>	<b>15,3</b>	<b>10,7</b>

(1) : plusieurs espèces par site



### Localisation des essais TCR biomasse de FCBA

17 essais installés depuis 2006

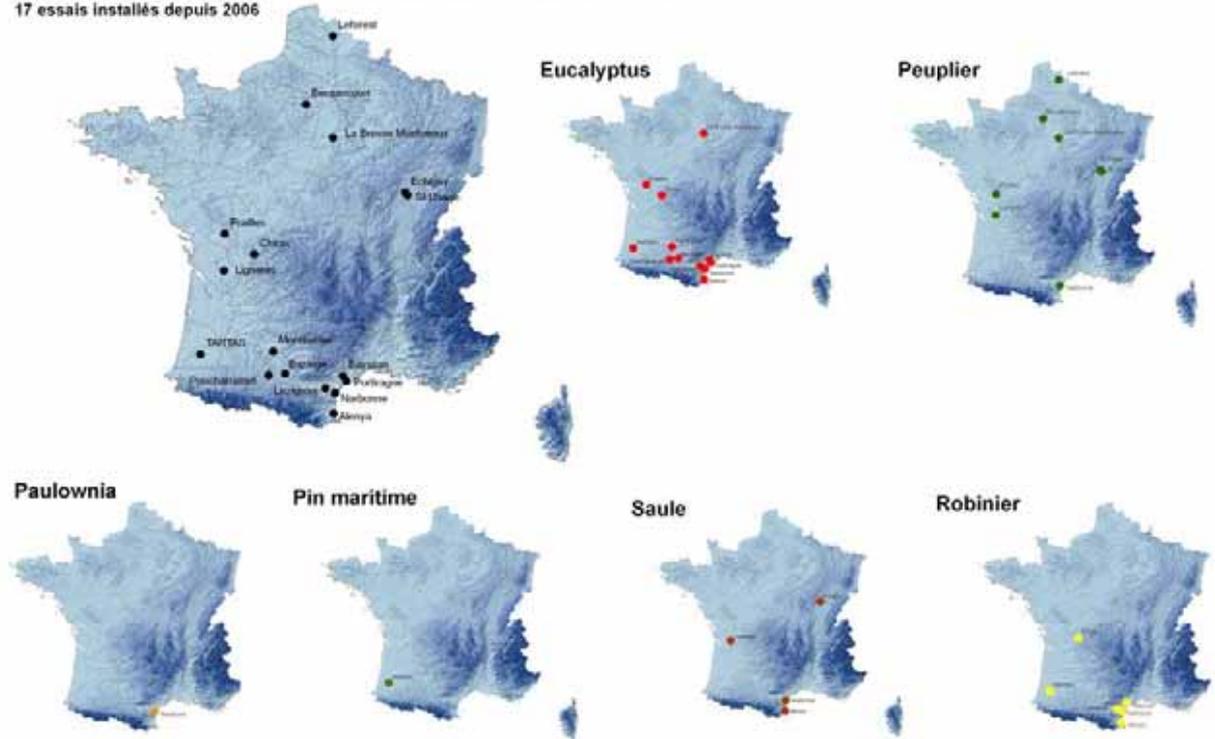


Figure 2 : Localisation des essais biomasse

Les objectifs de ces nouveaux essais diffèrent selon les projets et les protocoles utilisés, mais nous pouvons tenter de synthétiser les principaux thèmes dans le **Tableau 2**. Les comparaisons d'espèces permettront d'évaluer leurs capacités de production dans un contexte pédoclimatique donné. Les sylvicultures testées tentent le plus souvent de comparer les productions de scénarios « TCR » (densités très fortes 5 000-10 000 tiges/ha, rotations très courtes 2-4 ans) à des scénarios « TCR » (densités élevées 1 000-2 000 tiges/ha, rotations courtes 7-10 ans). Enfin, le matériel végétal utilisé est constitué de variétés performantes, ayant fait la preuve de leur vigueur juvénile, et, si possible de leur aptitude à être utilisé en production de biomasse. Ce dernier point est évidemment très dépendant

des espèces utilisées et du niveau de sélection atteint. Plusieurs projets permettront d'acquérir des données « environnementales » sur l'évolution de l'humidité du sol sous plusieurs types de culture, la qualité des eaux gravitaires collectées sur des plaques lysimétriques, l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des nutriments (c'est-à-dire la quantité d'eau ou de nutriments utilisées pour fabriquer une tonne de biomasse sèche). Enfin une expérimentation étudie les capacités d'extraction de contaminants dans des sols pollués.

**Tableau 2 : Principaux projets à vocation « biomasse »  
et répartition des espèces et des thèmes abordés**

Projets	Eucalyptus	Paulownia	Peuplier	Pin maritime	Robinier	Saule	Thèmes abordés
BIOMAGRI	•		•				Production : Effet sylviculture TCR vs. TCCR Effet génétique : comparaison 6 clones. Humidité des sols Qualité eaux gravitaires Conditions d'insertion dans les exploitations agricoles
CULIEXA	•	•	•		•	•	Production : Effet sylviculture TCR vs. TCCR Effet génétique : comparaison d'espèces Conditions d'insertion dans les exploitations agricoles
PHYTOPOP			•				Production : Effet sylviculture TCR vs. TCCR Capacité de phytoextraction sur sols pollués
REGIX	•						Production : Effet sylviculture TCR vs. TCCR
SYLVABIOM			•			•	Production : Effet sylviculture TCR vs. TCCR Effet génétique : comparaison 60 clones Efficacité utilisation eau et nutriments
OPTIMAL	•						Mesure des flux d'énergie et du cycle de l'eau

## Les anciennes parcelles

- **Le réseau Peuplier**

En novembre 1998, un bilan des plantations réalisées ou « accompagnées » par l'AFOCEL avait été réalisé pour le séminaire organisé par l'ADEME et l'AFB sur les cultures lignocellulosiques (*Bewa H., 1998*).

Les surfaces de TCR de peuplier étaient alors estimées à **380 ha** pour la France entière. Ces plantations ont d'abord été réalisées dans le cadre du programme AFME « *400 ha de plantations à croissance rapide* » entre 1984 et 1989 (environ 70 ha). Par la suite, plusieurs projets de développements se sont succédé autour de certains sites industriels papetiers. Les densités de plantation étaient comprises entre 2 000 et 3 000 tiges/ha et la durée de la rotation fixée à 7 ou 8 ans. La récolte des premières parcelles de développement a débuté en 1990 et a donné lieu à un certain nombre d'expérimentation (matériel, modalités).

Globalement, ce réseau a permis d'affiner les connaissances sur les itinéraires techniques d'installation des peuplements (*Bonduelle et Berthelot, 1994*). Il a permis également de préconiser un abaissement des densités de plantations, avec pour objectif d'augmenter les volumes unitaires des tiges, sans trop perdre en production totale (*Berthelot et al., 1994*). L'intérêt du dépressage, en seconde rotation, a également été démontré (*Berthelot, 1996*), toujours dans une optique de production de billons de trituration. Le mélange de clones a également été étudié (monoclonal vs. polyclonal) et les résultats indiquent qu'à ces densités assez élevées, et même entre clones proches génétiquement et de vigueur comparable, la compétition commence très tôt et discrimine assez rapidement le rang social de tel ou tel clone, nuisant ainsi à l'homogénéité du peuplement à la récolte (*Berthelot, 2001*). Même si la production totale

n'est pas significativement différente, les modalités mélangées sont moins homogènes que les modalités monoclonales.

Les objectifs annoncés de 10 à 12 ts/ha/an (production totale) ont été atteints sur des rotations de 7 à 8 ans et pour des parcelles de taille industrielle. 70 à 80 % de la biomasse produite (soit 100 à 120 tonnes brutes) ont été valorisés en billons de trituration destinés aux usines de pâte à papier ou, plus rarement, aux usines de panneaux.

Dans le cadre du projet REGIX (PNRB 2005), une enquête a été menée sur l'ensemble des parcelles (développement ou expérimentation) suivies dans notre base de données, ce qui a permis de faire le point sur les surfaces en TCR à la fin de l'année 2006.

Les 380 ha identifiés en 1998 ont été répartis en trois classes, selon l'usage de la parcelle fin 2006 :

- **TCR encore en production** : âges divers, selon la dernière date d'exploitation,
- **Abandon probable** : parcelles probablement abandonnées à brève échéance (dépérissements, retard de récolte),
- **Abandon certain** : parcelles qui ne sont plus cultivées en TCR (TCR transformés par balivage, plantation de futaie, autres usages).

Environ un tiers des surfaces plantées en TCR en 1998 sont encore en production à la fin de l'année 2006. On constate de grandes disparités régionales, puisque dans l'inter-région Nord-Est la proportion de TCR encore en production est de 16 % seulement, tandis qu'elle s'élève à environ 45 % pour les inter-régions Nord-Ouest et Sud-Ouest. Ce phénomène est directement à mettre en relation avec la gravité des attaques de rouille, beaucoup plus intense dans le grand quart Nord-Est de la France **(Figures 2 et 3)**.

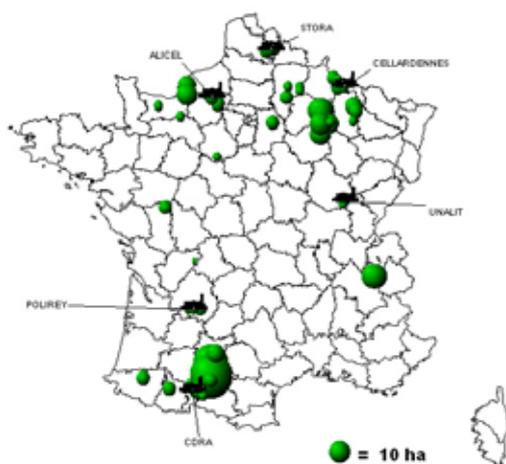


Figure 2 : Répartition des surfaces de TCR de peuplier en 1998 (environ 380 ha)



Figure 3 : Répartition des surfaces de TCR de peuplier fin 2006 (120 ha)

En effet, à partir de 1997, la résistance totale à la rouille du mélèze (*Melampsora larici-populina*) des cultivars de peuplier préconisés pour une utilisation en TCR a été contournée par l'agent pathogène. Toutes les variétés (essentiellement des hybrides interaméricains) se sont donc révélées sensibles, à des degrés divers, aux attaques de rouille qui, annuellement, sévissent dans notre pays. Parmi ces variétés, Beaupré et Boelare, très largement utilisées dans la moitié Nord de la France, se placent parmi les plus sensibles. En première rotation, la production est affectée par ces attaques annuelles, même si les cas de mortalité restent rares. En revanche, après plusieurs années d'attaques successives, il semble que les plantations affaiblies aient des difficultés à rejeter de souche correctement. Dans le meilleur des cas, même si les rejets sont normaux, les plantations restent affectées par l'agent pathogène et voient donc leur productivité fortement pénalisée.

Après la récolte de la première (ou de la deuxième rotation), beaucoup de propriétaires ont choisi d'arrêter la culture du TCR. Les attaques de rouille sont certainement déterminantes dans le choix de changer l'affectation du sol, mais on ne peut pas faire abstraction des problèmes de faible rentabilité de la culture, spécialement dans le cas des premières parcelles qui ne bénéficiaient pas de l'aide jachère.

Les nouvelles modalités de la PAC (Politique agricole commune), ouvrant la possibilité de cultiver des espèces ligneuses sur terres agricoles tout en bénéficiant des DPU (Droits à paiement unique), donne un regain d'intérêt aux TCR. Pour le peuplier, deux axes de recherche semblent prioritaires :

- **Trouver des variétés performantes** pour la production de biomasse et tolérantes aux agents pathogènes et aux ravageurs potentiels. Un bon niveau de résistance partielle et un comportement stable sont des critères prioritaires à prendre en compte. Le GIS Peuplier (FCBA, Cemagref et INRA) travaille sur le sujet et crée des hybrides euraméricains et interaméricains, adaptés et performants pour les conditions pédoclimatiques françaises. Bien que son programme d'amélioration reste orienté vers la production de bois d'œuvre, les hybrides obtenus sont désormais également étudiés sur leur vigueur juvénile et leur aptitude au recépage.
- **Trouver le système de culture le plus pertinent**, notamment entre les systèmes à très court terme (TTCR) et ceux à moyen terme (TCR). Le rendement est bien sûr à prendre en compte, mais il faut également analyser le bilan économique et les impacts environnementaux pour l'ensemble du cycle.

- **Le réseau Eucalyptus**

***Les parcelles à vocation papetière***

Le développement de l'eucalyptus en France à vocation papetière trouve son origine dans une demande du GEC (Groupe européen de la cellulose) au début des années 1970. Il s'agissait d'étudier les possibilités d'établir une ressource en bois pérenne et renouvelable pour l'approvisionnement d'usines papetières. En réponse, FCBA a développé un programme de recherche visant à sélectionner différentes essences à croissance rapide. C'est l'eucalyptus qui s'est révélé le plus prometteur dans le contexte français.

Les plantations industrielles ont démarré en 1983 dans le Sud-Ouest de la France avec différents clones sélectionnés de l'hybride *Eucalyptus gundal*. On estime à plus de 1 000 ha la surface qui a été plantée de 1983 à 1985.

Les grands froids exceptionnels de 1985 (–20 °C à Toulouse) et, dans une moindre mesure, de 1986, ont marqué un arrêt brutal à l'engouement pour l'eucalyptus. Toutes les jeunes plantations ont gelé et bien que toutes les parcelles âgées de plus d'un an aient rejeté de souche par la suite, le développement industriel a été complètement arrêté. On recense 350 ha de ces premières plantations qui subsistent encore aujourd'hui.

Après cette période, les travaux de recherche conduits par FCBA ont été centrés principalement sur l'amélioration de la résistance au froid et la sélection de variétés adaptées aux conditions climatiques et édaphiques du grand Sud-Ouest de la France. De nouvelles sources de graines ont été sélectionnées pour l'espèce *E. gunnii* dans les zones les plus froides de l'aire d'origine (Plateau Central de Tasmanie, Alpes australiennes) et sur les premières parcelles expérimentales installées en France. A partir de ces sources génétiques, des variétés clonales tolérantes au froid ont été créées

sur la base de sélections massales à partir de tests aux froids naturels ou artificiels.

Le développement a redémarré en 1996 sous l'égide des groupes papetiers CDRA puis TEMBEC (pour l'approvisionnement de l'usine de St-Gaudens). Près de 650 ha du clone Cagire (*Eucalyptus gunnii*), qui a un seuil de tolérance au froid élevé, ont ainsi été plantés en Midi-Pyrénées jusqu'en 2001.

Pour la période 2002-2007, l'intérêt industriel du groupe TEMBEC a été maintenu et s'est même renforcé puisqu'un objectif de 10 000 ha a été affiché. Afin d'augmenter la productivité, le choix du matériel végétal s'est reporté sur l'espèce *E. gundal* mais en proposant un système d'assurance gel aux propriétaires. Fin 2008, environ 500 ha supplémentaires avaient été plantés, essentiellement dans la région Midi-Pyrénées.

Il existait donc fin 2008 environ 1 500 ha de TCR eucalyptus à vocation papetière (**Figure 4**). Ils se répartissent entre les régions Midi-Pyrénées (72 %), Aquitaine (20 %) et Languedoc-Roussillon (8 %).

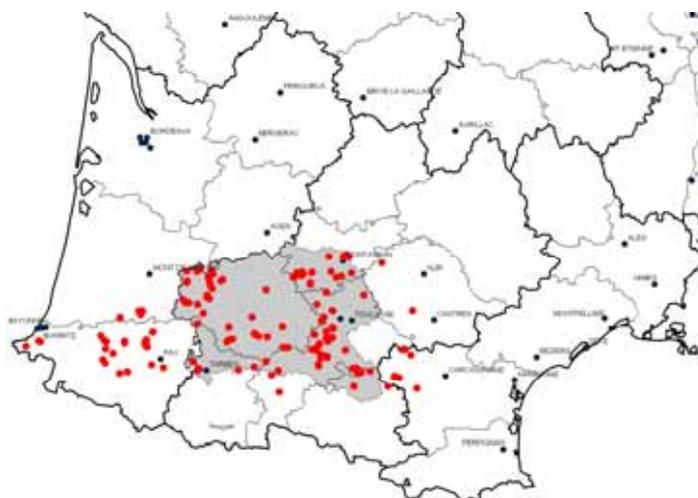


Figure 4 : Parcelles de TCR eucalyptus du réseau TEMBEC

### ***Les essais***

FCBA a développé un réseau d'essais pour venir en appui expérimental à ce programme de développement. Certaines parcelles ont été installées sur des plantations industrielles mais la plupart sont de nouvelles installations. Actuellement, près de 100 essais sont suivis régulièrement (près de 400 essais ont été installés depuis le début du programme). Ils couvrent une zone géographique plus vaste que la zone de développement industriel puisqu'ils concernent la moitié sud de la France (**Figure 5**).

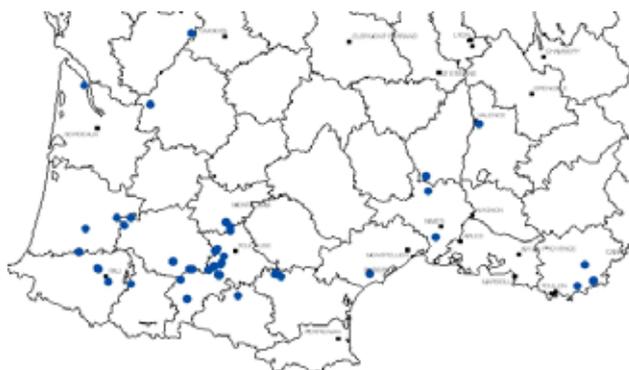


Figure 5 : Répartition des essais FCBA sur l'eucalyptus

### **Un réseau ouvert aux nouvelles sylvicultures et aux nouvelles problématiques**

L'expérience acquise au cours de ces trente dernières années autour des problématiques des essences à croissance rapide a permis à FCBA de réinvestir récemment les domaines de recherche concernant la production de biomasse ligneuse. Le réseau ainsi constitué s'ouvre à de nouvelles sylvicultures (TTCR, TCR, peuplements semi-dédiés) et à de nouvelles problématiques dépassant la simple production quantitative de biomasse. Il

s'agit désormais d'identifier les meilleurs itinéraires de culture en fonction de leur production, mais aussi de leurs effets sur les milieux qu'ils occuperont. Ce réseau, naturellement pérenne, pourra servir d'objet d'étude bien au-delà de la durée des projets qui l'auront initié.

**Alain Berthelot**

[alain.berthelot@fcba.fr](mailto:alain.berthelot@fcba.fr)

FCBA

Station Nord-Est

60 Route de Bonnencontre

21170 Charrey-sur-Saône

Tél. : 03 80 36 36 20

Fax : 03 80 36 36 44

**Nicolas Nguyen-Thé**

[nicolas.nguyen-the@fcba.fr](mailto:nicolas.nguyen-the@fcba.fr)

FCBA

Station Sud-Est

Domaine universitaire

BP 251

38044 Grenoble Cedex 9

Tél. : 04 76 15 40 70

Fax : 04 76 15 40 98

**Jean-Yves Fraysse**

[jean-yves.fraysse@fcba.fr](mailto:jean-yves.fraysse@fcba.fr)

FCBA

Station Sud-Ouest

Domaine de Sivaillan-Les-Lamberts

33480 Moulis-en-Médoc

Tél. : 05 57 88 82 33

Fax : 05 57 88 82 34