

INPG-ENSHMG-LTHE

Laboratoire d'étude des Transferts
en Hydrologie et Environnement
B.P. 53 F-38041 GRENOBLE Cedex 9 France

XI^{ème} CONTRAT DE PLAN ETAT-REGION

Programme de recherche sur les Risques Naturels

RAPPORT D'AVANCEMENT AU 31 Décembre 1999

"PROJET EXPERIMENTAL DE TEST D'UN SYSTEME INTEGRE DE PREVISION HYDROLOGIQUE DES CRUES SUBITES"

proposé avec la collaboration d'EDF-DTG et de METEOFRANCE

Coordinateur : Ch. OBLED

1. RAPPEL DU CONTEXTE DE LA DEMANDE:

Ce projet s'inscrit dans la suite du projet financé par le plan Etat-Région entre 1995 et 1997, et intitulé "Projet Ardèche I". Pour le projet dans son ensemble, on avait distingué **trois** grandes phases:

- une **phase de développement** et de mise en place, consistant à élaborer le système de prévision, ses outils ainsi que les liaisons et interconnexions entre les deux services opérationnels EDF-DTG et MétéoFrance.

- une **phase expérimentale**, d'activation du système sur tous les événements pluvieux importants qui se présenteront.

- et une **troisième phase d'évaluation**, afin de mesurer objectivement les apports d'information et les nouvelles capacités d'anticipation aux différents points de prévision du système hydrologique.

La mise en place du système ayant été achevée fin 1996– début 1997 (cf. Rapports d'activité I et II du projet ARDECHE I), la phase expérimentale était prévue pour se dérouler sur la période 1998-99. Durant cette phase expérimentale, les partenaires industriels EDF-DTG et Météo-France ont souhaité ne rien demander au Contrat de Plan Etat Région. et fonctionner sur leurs moyens propres pour le suivi des épisodes pluvieux (car ceci, à l'avenir, devrait se transformer en activités de routine).

De son côté, le LTHE a été encouragé à poursuivre, pendant cette phase expérimentale :

- des études complémentaires de *développement opérationnel*, susceptibles de s'intégrer dès que possible au système actuel,
- et des études de *faisabilité et de développement pour des outils du futur*,
- enfin, le LTHE doit mener une réflexion sur l'*évaluation de performances*, pour mesurer les capacités d'anticipation et les gains effectifs liés à de nouvelles méthodes et de nouvelles données, ainsi que sur les *incertitudes liées à la modélisation*.

Dans cette optique, le LTHE a proposé au Contrat de Plan Etat Région une deuxième tranche d'études, pour un montant de 170 KF. Un montant de **90 KF** nous a été accordé.

2. PRESENTATION DETAILLEE

DE LA CONTRIBUTION LTHE:

On rappellera donc succinctement les propositions contenues dans cette deuxième tranche et leur état d'avancement à l'issue de deux années de travail (1998 et 1999) ainsi que les perspectives pour la *fin de l'étude prévue vers le milieu de l'année 2000*.

Pour faciliter la présentation, on distingue entre :

- la mise en oeuvre de méthodologies déjà opérationnelles
- et le développement de méthodes, (- encore au stade de la recherche ou complètement nouvelles -), dans la modélisation pluie-débit ou dans l'évaluation et la mesure objective des apports d'information et des capacités d'anticipation d'un tel système de prévision.

2.1 Aspects techniques:

Aide aux méthodologies opérationnelles

2.1.1. Action LTHE 1. Prévision quantitative de précipitations par recherche de situations analogues:

Bilan antérieur:

Cette méthode, développée à EDF-DTG dans les années 1970-80, consiste à fournir, pour des bassins hydrologiques de taille opérationnelle (quelques centaines de km²), une *prévision de précipitations quantitative et probabilisée*, pour des pas de temps journaliers allant de J (journée en cours) à J+6. Pour une journée J donnée, on recherche chaque jour une cinquantaine de situations "analogues à la situation du jour courant J" au sens de la circulation météorologique générale. La distribution des

précipitations journalières observées sur ces journées analogues fournit alors une "enveloppe", en fait une fourchette probabiliste (valeurs que l'on a 80%, 40%, 10% de chance de dépasser) pour les pluies des 24 h à venir.

Cette méthode avait été remise à niveau grâce à la thèse de S. GUILBAUD (1997) proposant :

- un nouveau critère d'analogie beaucoup plus performant (Teweles-Wobus)
- l'abandon des données brutes de radiosondages au profit de données de grilles (en sortie de modèle météorologique).

Dans notre demande, nous proposons de *tester une nouvelle source de données* apparue en 1997 : les réanalyses du NCEP/NCAR (National Center for Atmospheric Research aux Etats-Unis). En plus de son accessibilité, ce jeu de données ne se limite pas aux seules données de géopotentiel (champs de pression) mais inclut aussi tous les champs intéressants (température, humidité, vent, tourbillon, etc...) à tous les niveaux. Il était donc intéressant de recalibrer notre approche sur ce jeu de données.

Ceci a été mené à bien en 1998 (*cf rapport d'avancement 1998*), grâce aux travaux de M^{elle} S. Guilbaud et au DEA de M. J.F. Sanchez.

Action menée en 1999:

En 1999 devait se dérouler une expérience internationale, l'*expérience MAP* (Mesoscale Alpine Program), qui avait pour but de mieux comprendre la météorologie de montagne, mais aussi *de comparer et de mesurer les capacités de prévision des précipitations* dans une optique hydrologique.

Bien que la région test ait été choisie en Italie du Nord, nous souhaitons, dans un souci démonstratif, tester *en temps réel* l'intérêt d'un tel système et participer à la comparaison.

a) Réalisation d'un prototype opérationnel:

Pour cela, on a choisi *huit bassins* répartis entre la frontière franco-italienne et l'est du Piémont, et en particulier le bassin de la Toce, (divisé en bassin supérieur à Domodossola ~ 500 km² et le bassin global à Verbania ~2000) site d'instrumentation intensif de l'*expérience MAP*.

Nous avons donc constitué les archives *pluviométriques* nécessaires pour calculer des *pluies moyennes de bassin* sur les entités : Haute Isère, Haute Maurienne, Montcenis, Doria Riparia, Orco , Sesia, Toce globale et Toce Nord, en rassemblant environ 4 à 10 stations par bassin entre 1953 et 1997.

Parallèlement, nous avons construit un petit système qui allait de la fourniture de prévisions en champs de pression (par MétéoFrance, dans le cadre de MAP), à la recherche/extraction des analogues (sur le système d'EDF-DTG), puis à la mise en forme/aide à l'interprétation (au LTHE) avant transmission vers les utilisateurs (dans ce cas: le centre opérationnel MAP à Milan et la région Piémont).

b) Expérience en temps réel

La mise en œuvre opérationnelle nécessitait de collecter chaque matin les prévisions des champs prédicteurs (géopotentiels 1000 et 700 hPa) à des *échéances de J, J+1, etc... jusqu'à J+6*. En accord avec MétéoFrance et EDF, nous avons pu

disposer du produit élaboré pour EDF à partir d'un mélange d'informations du modèle Arpège (jusqu'à J+3) et du Centre Européen (J+4 à J+6), et transmis chaque jour à 6h.

Chaque matin, donc le jour J, nous pouvons rechercher les analogues, d'abord du jour J, puis du jour " prévu " J+1, puis de J+2, et ainsi de suite jusqu'à J+6. Pour chaque jeu journalier d'analogues, on extrait les pluies observées ces jours là sur chaque bassin, et on en tire une fourchette probabilisée de pluie pour chaque jour à venir et chaque bassin séparément.

Grâce à l'aide substantielle et à la coopération quotidienne d'EDF, ce système a pu fonctionner en routine du 16 Juillet au 30 Novembre 1999.

c) Analyse des résultats

Les résultats ont été :

- moyens durant les séquences d'orages locaux du milieu de l'été,
- mais très satisfaisants lors des grands épisodes d'automne. (Cf Figure : quantiles annoncés le jour J à 08 h et valeurs observées de J 08h à J+1 08h - exemple de la Toce).

En particulier, cette approche semble capable de les détecter jusqu'à 5 ou 6 jours en avance et à annoncer des fourchettes en lame d'eau réalistes, ce qui a permis et peut laisser espérer une mise en alerte précoce.

Mais il faut pour cela que les modèles hydrodynamiques perçoivent bien les circulations futures et ne changent pas trop d'avis au fur et à mesure que l'échéance se rapproche. On est d'ailleurs en train d'évaluer la fiabilité en prévision de ces modèles hydrodynamiques en comparant les champs de pressions prévus depuis J-6 jusqu'à J-1 pour le jour J. En gros, cette prévision se stabilise quand l'échéance se rapproche et devient robuste et stable à 3 jours d'échéance environ.

Pour quantifier ces résultats en Prévision Quantitative de la Pluie, on a mesuré la corrélation entre la pluie observée le jour J et chacun des signaux de prévision disponibles pour cette date J (soit la courbe quantilique 20%, 60%, 90% ou la moyenne) . On a considéré successivement comme prévisions celle émise le matin du jour J, puis celle émise le jour précédent J-1 pour la date J , et ainsi de suite jusqu'à J-6.

Globalement sur l'ensemble des bassins, pour les 2 ou 3 premiers jours d'échéance, c'est le *quantile 60 %* qui est le mieux corrélé avec les pluies observées. Cette corrélation est de l'ordre de 0.7 à 0.75, ce qui représente à peu près 50% de la variance expliquée, et elle est relativement stable pour les 3 premiers jours d'échéance (0-24h, 24-48h et 48-72h) ... Pour la variable pluie journalière, c'est un score déjà très honorable... !

Pour les échéances suivantes (J+3 à J+6) on observe une dégradation significative de la prévision à partir de J+3 (le 4^{ème} jour d'échéance).

La raison est à chercher dans la difficulté, pour les modèles météorologiques, de fournir des prévisions suffisamment précises des champs de pression à ces échéances. En général, à ces échéances, ils arrivent à dessiner à grand traits le type de circulation qui prévaudra sur l'Europe, mais avec une localisation encore insuffisante

pour nos besoins : rappelons que les pluies journalières dépendent “ en gros ” de la situation sur un domaine de 1000 x 1000 à 1500 x 1500 km² autour de la zone cible, et qu’il nous faut donc des prévisions précises sur cette zone.

Tous ces résultats sont décrits en détail dans le rapport fourni au Programme MAP et dans les publications associées,(certaines en cours)..

d) Perspectives pour le projet Ardèche

Grâce à l’expérience MAP, on a pu confirmer l’intérêt de cette approche comme méthode d’adaptation des prévisions hydrodynamiques de grande échelle à la prévision *quantitative, probabilisée et surtout localisée* des précipitations sur des bassins de taille opérationnelle. Notamment, sa mise en œuvre sur de nouveaux bassins est relativement rapide, et elle présente des capacités de mise en alerte qualitative à 3 et même jusqu’à 6 jours d’échéance.

Donc en l’état, on envisage de l’appliquer à titre exploratoire sur un ensemble de bassins couvrant le département de l’Ardèche (Doux, Eyrieux, Ouvèze, Hte Ardèche, Ht Chassezac, Ardèche moyenne et Beaume-Ligne). Cette expérience se ferait , comme pour MAP, à titre purement exploratoire, afin d’évaluer le potentiel de la méthode pendant plusieurs saisons d’automne. C’est seulement ensuite que pourrait être envisagée sa diffusion aux services opérationnels. Une tentative d’affiner les prévisions à 12 heures et aussi entreprise. Ces actions devraient démarrer au cours de l’année 2000.

Enfin, à plus long terme, l’apparition des nouvelles données réanalysées, sur de longues périodes homogènes et pour un grand nombre de variables potentiellement explicatives, devrait relancer l’intérêt pour une telle approche et améliorer encore son algorithmique , mais au prix d’un effort de recherche comparable à la thèse de M^{elle} S. Guilbaud

Cette action a bénéficié en 1999 du travail de DESS de M. O. Loubeau et de la contribution partielle de M. A. Djerboua , (doctorant travaillant sur un autre sujet)

2.1.2. Action LTHE 6:

Scénarios de pluie pour l’évaluation de la prévision hydrométéorologique et l’anticipation des débits futurs

Bilan antérieur:

Le LTHE a proposé, pour un bassin test (l’Ardèche à Aulueyres), un générateur de scénarios de pluies futures, utilisant un pas horaire compatible avec celui des modèles hydrologiques (cf. mémoire DESS Septembre 97). Initialement, les scénarios générés en cours d’épisodes étaient contraints à *respecter le passé immédiat* déjà observé , en tenant compte des pluies déjà tombées. Les résultats étaient assez encourageants mais insuffisants pour extrapoler la prévision des débits assez loin dans le futur.

En 1998, nous avons ajouté des contraintes supplémentaires sous la forme d'information sur *les pluies futures*. Pour cela nous avons utilisé d'abord des configurations synthétiques idéalisées:

- les radar permettent de prévoir la pluie à + ou – 30% pour l'heure à venir, + ou – 100% pour l'heure suivante
- ou la pluie journalière peut être prévue à 244 heures avec un facteur d'erreur de + ou – 2, ou 3 , etc...

Mais si l'on dispose d'une information fiable sur le cumul de pluie des 24 prochaines heures, comme semble le permettre une méthode d'adaptation comme les analogues, alors les fourchettes de prévision des débits peuvent intégrer cette information et devenir très informatives pour anticiper les débits réellement observés.

Nous avons donc utilisé des prévisions de cumul journalier probabilisées, obtenues par la technique de recherche d'analogues décrite au paragraphe précédent. Comme celles-ci ne pouvaient être obtenues en temps réel, nous avons reconstitué en différé une telle séquence pour la zone Haute Ardèche.

En pratique, ces prévisions sont émises à heure fixe, par exemple le matin à 08h pour les 24, 48 72 heures à venir. Cette prévision doit donc être désagrégée en valeurs horaires (8h à 9 h, 9 h à 10 h, etc...). Mais elle doit aussi être adaptée dans les heures suivantes, (par exemple à 12 h), en fonction de la pluie qui a été observée ou non au cours de ces heures écoulées depuis 08h. (entre 8 et 12h dans notre exemple). La méthode retenue pour faire ces adaptations, (-l'utilisation d'un générateur de scénarios par renouvellement-) a été présentée dans la thèse de M^{elle} R. Datin

Action menée en 1999:

Toutefois, un certain nombre de configurations particulières ont du faire l'objet de développements complémentaires.

Par exemple, des pluies fortes ont été prévues sur 24 heures. Mais il n'y a presque pas eu de pluies observées au bout de 22 h (la perturbation a été un peu retardée). Dans cet exemple, il ne faut donc pas considérer que l'on peut encore avoir un fort volume journalier sur les seules 2 heures restantes de la journée...!

Pour obtenir un algorithme capable de traiter le plus de cas possibles, l'astuce utilisée a consisté à travailler *sur deux jours consécutifs*. Par exemple, on commence à 08h du matin, avec une échéance hydrologique de 12 heures. On dispose d'une prévision quantitative par tranches de 24 heures (08h J à 08h J+1, mais aussi 08h J+1 à 08h J+2).

Jusqu'à 20 h, on utilise la prévision des premières 24 heures, puisque cela nous mène au plus à 08h J+1. (20 h + 12 heures d'échéance). Par contre , à partir de 21 heures, on travaille sur la quantité de pluie susceptible de tomber dans les 36 heures à venir, donc entre 21h J et 08h J+2...!

Les développements statistiques nécessaires sont certes un peu laborieux mais les résultats, c'est à dire les scénarios proposés, deviennent cohérents tout au long de la journée y compris au changement de jour.

Perspectives :

Dans l'immédiat, ce travail est resté appliqué au sous-bassin de l'Ardèche à Auleyres, mais l'extension de la méthode à d'autres sous-bassins est tout à fait envisageable.

3. REMARQUES SUR LE DEROULEMENT DE L'ETUDE:

Si la première année a pu bénéficier de l'expérience et du maintien en place de l'équipe qui avait travaillé sur la première tranche du projet ARDECHE, les départs de M^{elle} S. Guilbaud et de M^{elle} R. Datin, vers des sociétés d'ingénierie, nous ont posé un réel problème pour 1999.

Certes le départ de Melle Datin a été compensé par l'arrivée d'une doctorante italienne, Melle I. ZIN, mais celle-ci a d'abord du passer plusieurs mois à s'immerger dans les données et la problématique de l'Ardèche.

Enfin, l'utilisation de nombreux stagiaires, en général sérieux et motivés, pose des problèmes de gestion et de continuité qui réduisent un peu l'efficacité globale. Parallèlement, le désengagement de MétéoFrance et d'EDF a aussi réduit les interactions avec ces partenaires et les demandes de développements spécifiques liées à la pratique opérationnelle.

Le Projet ARDECHE II arrive donc à sa fin. Beaucoup reste à faire pour améliorer les "SYSTEMES INTEGRES DE PREVISION HYDROLOGIQUE DES CRUES SUBITES".

Mais on peut considérer à coup sûr que ce projet a fait progresser les choses. Cela s'est traduit par de nombreuses publications et, pour terminer sur bonne nouvelle, il a valu au travail de M^{elle} R. Datin d'être honoré par le Prix Henri Milon 1999 de la Société Hydrotechnique de France.

4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET VALORISATION

Publications et communications en 1998 et 99:

On se limite ici aux publications LTHE suscitées par le projet et effectuée ou soumises en en 1998-99

A- Rapports et Thèses :

J.F. SANCHEZ 1998

Utilisation des données réanalysées du NCEP/NCAR pour améliorer une méthode de prévision quantitative de précipitations journalières par une technique de recherche d'analogues.

Rapport de DEA – Laboratoire LTHE - Univ. J. Fourier 34 P. + annexes

R. DATIN 1998

OUTILS OPERATIONNELS POUR LA PREVISION DES CRUES RAPIDES:
Traitement des incertitudes et intégration des prévisions météorologiques.
Développements de TOPMODEL pour la prise en compte de la variabilité spatiale des pluies. Application au bassin versant de l'Ardèche.

Thèse INPG soutenue le 23 Octobre 1998.

Cette thèse a reçue le Prix Henri Milon 1999 de la Société Hydrotechnique de France

OBLED Ch., O. LOUBEAU, J.F. SANCHEZ, A. DJERBOUA 1999

“ Prévisions Quantitatives en temps réel de Précipitations Journalières sur des bassins versants par une méthode d'Analogie Statistique ”

Contributions à l'expérience MAP et au Programme INTERREG II .

Rapport Final . 61 p. + Annexes

A- Revue Internationales:

SAULNIER G.M., Ch. OBLED, and K. BEVEN, 1997

Analytical compensation between DTM grid resolution and effective values of saturated hydraulic conductivity within the TOPMODEL framework
(Hydrological Processes, vol 11, p 1331-1346)

SAULNIER G.M., Ch. OBLED, and K. BEVEN, 1997

Analysis of raster digital terrain data for distributed hydrological modelling : topographic index distributions, channel grid square and scale dependnet effective hydraulic conductivity values.(W.R.R., vol 33, p 2097-2101)

GUILBAUD S., Ch. OBLED, 1998

Prévision quantitative des précipitations journalières par une techniques de recherche de journées antérieures analogues: optimisation du critère d'analogie.

C.R. Académie des Sciences Paris. - Sciences de la terre et des planètes- Géosciences de surface - (327), p. 181, 188

B- Revue nationales ou grand public:

GUILBAUD S. et Ch. OBLED 1998

L'approche par analogue en prévision météorologique: Idées générales et application à la prévision journalière des précipitations
La Météorologie – 8^{ème} série, N° 24, PP.21-35, Décembre 1998

OBLED Ch. et G.-M. SAULNIER 1999

Le versant et le bassin versant : quelques aperçus sur la formation des crues et la production du ruissellement .
La Houille Blanche, N° 7/8, p. 42-53

C- Colloques internationaux, avec revue et publication des actes

Ch. OBLED and R. DATIN 1997

Rainfall information requirements for mediterranean flood operational forecasts RIBAMOD*** European Meeting on "Integrated Systems for Real-time Flood Forecasting and Warning" Monselice PADOVA Sept. 25-26th 1997

S. GUILBAUD, Ch. OBLED et Y. RODRIGUEZ, 1998

Utilisation des techniques de recherche d'analogues pour la prévision quantitative des précipitations journalières
In "Méthodes Statistiques et Approches Bayésiennes en Hydrologie",
Conférence Internationale en l'honneur de M. J. Bernier, UNESCO Paris 11-13 Sept 1995, edit. par Parent E., Hubert P., Bobée B. et Miquel J. ed.- UNESCO, PHI series, p. 399-414.

DATIN R., G.M. SAULNIER, Ch. OBLED, 1998.

Dynamic drainage area and spatially distributed recharge of subsurface flow in TOPMODEL.
British Hydrological Society Internat. Conf. "Hydrology in a changing environment", Exeter/UK, (Juillet 98), Proceedings ed. by H. Wheeler & C. Kirby, Volume I, p. 51-56, J. Wiley & sons Ltd editor.

D- Colloques internationaux, sans publication des actes

R. DATIN, OBLED Ch. HELLOCO F. 1997

Sensitivity of discharge simulations to hydrometeo-logical sources of uncertainties
European Geophysical Society, XXII^{ème} Assemblée Générale
VIENNE(21-25 Avril 97) Annales Geophysicae, vol. 15, Part II, C 311.

S. GUILBAUD, OBLED Ch. 1997

Basin daily quantitative precipitation forecast by an analog sorting technique
European Geophysical Society, XXII^{ème} Assemblée Générale VIENNE (21-25 Avril 97) Annales Geophysicae

S. GUILBAUD, OBLED Ch., J. GIBERGANS, C. LLASAT 1997

Regional hydrodynamical vs.local thermodynamical information by basin QPF's by analog sorting technique European Geophysical Society, XXIIème Assemblée Générale

VIENNE(21-25 Avril 97) Annales Geophysicae

DATIN R., G.M. SAULNIER, Ch. OBLED, 1997

Développement d'un modèle hydrologique distribuée à base physique. Utilisation de mesures des précipitations par radar. *Atelier de Modélisation de l'Atmosphère*, CNRM, Toulouse (2-3 Décembre). Comptes-rendus : 305-308.

DATIN R., S. GUILBAUD, C. OBLED, 1998

Using probabilistics distribution in a real time flash flood forecasting system.

XXIII General Assembly of European Geophysical Society, Nice (20-24/04/98). *Annales Geophysicae*, vol. 16, Part II., C 460.

DATIN R., G.M. SAULNIER, C. OBLED, 1998.

Dynamic drainage area and spatially distributed recharge of subsurface flow in TOPMODEL. *Conference Internationale sur "Hydrology in a changing environment"*, Exeter/UK, (Juillet 98), à paraître.

SAULNIER G.M., R. DATIN, C. OBLED, 1998

Dynamic drainage area and spatially variable precipitation inputs within the TOPMODEL framework. *XXIII General Assembly of European Geophysical Society*, Nice (20-24/04/98). *Annales Geophysicae*, vol. 16, Part II., C 527.

DATIN R., Ch. OBLED, 1998

Outils pour l'annonce des crues. *Séminaire à la Diren Orléans* (10/03/1998)

DATIN R., 1998

Propagation d'incertitudes dans une modélisation pluies-débits. Générateur de scénarios pluvieux.

Séminaire BRGM/LTHE "Eaux souterraines et inondations", Grenoble (4-5/03/98).

DATIN R., Ch. OBLED, 1998

Outils pour l'annonce des crues. *Séminaire à la Diren Orléans* (10/03/1998)

ZIN I., SAULNIER G-M, OBLED CH. 1999

Uncertainty assessment in hydrology: an application to the Ardeche river basin.

XXIV General Assembly of the European Geophysical Society, La Haye (NL), 19-23 Avril 1999, *Geophysical Research Abstracts*, Volume 1, number 2, p. 299.

ZIN I., SAULNIER G-M, OBLED CH. , TIBERINI L. AND MARQUOT J.F. 1999

Sensitivity of a real catchment to different spatial and time resolution of input measured rainfall

XXIV General Assembly of European Geophysical Society, La Hague (19-23/04/99). *Annales Geophysicae*, Volume 1, number 2, p. 298.

Ch. OBLED, 1998, DATIN R., ZIN I. 1999

Objective use of probabilistics rainfall forecasts into a flash flood forecasting system.

XXIV General Assembly of European Geophysical Society, La Hague (19-23/04/99). *Annales Geophysicae*, Volume 1, number 4, p. 829..

B. MOYENS HUMAINS DISPONIBLES (sur 1998 et 99)

OBLED Charles	Professeur INPG	50 %
SAULNIER Georges-Marie	Chargé de Recherche CR2 CNRS	30%
DATIN Rachel	Thésard bourse MENRT (départ en Sept 1998)	100%
ZIN Isabella	Thésard bourse MERT (Arrivée en Oct. en 1998)	100%
SANCHEZ Jean-François	Stagiaires DEA (6 mois-départ en Juillet 1998)	100%
LOUBEAU Olivier	Stagiaires DESS (6 mois-départ en Septembre 1999)	100%
6 x X	Stagiaires Maîtrise, Elèves-Ingénieurs	100%