

MASIT

NOUVEL OUTIL D'ÉVALUATION COMPARATIVE POUR TECHNOLOGIES DURABLES

Christophe Rafenberg
IUT de Saint-Denis UPI3

Une technologie, pour être durable, doit être plus sobre, plus propre et globalement plus économique mais aussi plus « responsable socialement ».

Cependant, si la notion « environnement » est intégrée dans le développement des technologies, la notion de durabilité est encore loin d'être évoquée.

Dans cette optique l'Ademe, le CEA, Ecobilan, EDF et l'IUT de Saint-Denis ont décidé de développer la méthode Masit : « Multicriteria Analysis for Sustainable Industrial Technologies ».

Masit déroule une « liste de vérification » exhaustive selon six étapes: l'identification des couples processus/produit, l'identification des flux, la définition du cadre de l'étude, la définition des métriques, l'analyse des couples processus/produit, la mise en application. L'ensemble du projet est analysé aux travers de sept points de vue qui constituent une approche assez globale du développement durable : la réglementation, le fonctionnel, la technique et l'industrialisation, l'environnement, les risques industriels et technologiques, l'économie, le social

La méthode est multicritères, il nous fallait prendre en compte les interactions entre ces points de vue. Cela est réalisé au travers d'une grille d'interactions. Les valeurs affectées à cette interaction sont fonction de la problématique du décideur, des données recueillies, du contexte économique, politique, juridique et de la sensibilité des acteurs.

Les résultats sont ensuite représentés sur des graphiques à lecture rapide et reprenant les points de vue les plus importants pour le décideur. Nous pensons qu'à terme Masit peut contribuer aux démarches d'investissements, à l'élection des meilleures technologies disponibles et peut s'assurer de la durabilité d'un projet d'investissement.

Technology, to be sustainable, has to be more sober, cleaner, and generally more economical, but also more "socially responsible". However, if the notion of "environment" is integrated into the development of technologies, the notion of durability is still far from being evoked.

Bearing this in mind, the Ademe, the CEA, Ecobilan EDF and the IUT of Saint-Denis have decided to develop the Masit method : "Multicriteria Analysis for Sustainable Industrial Technologies".

Masit has devised an exhaustive "checklist" following six stages : The identification of the process/product couples, the identification of the flow, the definition of the scope of the study, the definition of the system of measurement, the analysis of the process/product couples and the application. The project as a whole is analysed taking into account seven different points which constitute quite a global approach to sustainable development : the regulation, the functional, the technical and industrialisation, the environment, the industrial and technological risks, the economical and the social point of view.

The method consists of several criteria, and so we have to take into account interactions between these different points of view. This is achieved by charting the interactions on a grid.

The values allocated to this interaction depend on the problematic faced by the decision maker, the information obtained, the economical and political context, the information obtained, the economical and political context, the legal aspects, and the awareness of the participants.

The results are then represented on a graph resuming the most important points concerning the decision maker.

We believe that in the future, Masit could contribute to investment procedures, to the choice of the best available technology (BAT), and would secure the durability of an investment project.

Thanks to Jennifer Liance for the translation

CONTEXTE

L'association du développement durable et de l'investissement dans de nouvelles technologies a toujours existé, mais dans l'esprit de l'investisseur c'est principalement le critère financier qui est retenu : l'argent investi doit être rentabilisé. Notre groupe de travail a décidé d'associer à cet unique critère des paramètres sociaux et environnementaux. Une technologie, pour être durable doit être plus sobre, plus propre et globalement plus économique mais aussi plus « responsable socialement ».

Dans cette optique l'Ademe, le CEA, Ecobilan, EDF et l'Université Paris 13 ont décidé d'apporter les moyens nécessaires au développement d'une méthodologie. Celle-ci doit permettre d'utiliser les différentes méthodologies financières, techniques et environnementales dans une unique démarche d'évaluation de technologies. Tout en restant cadrée, cette démarche est adaptable à la problématique du décideur et de l'objet de l'étude, ce qui fait d'elle une méta-méthode. La première phase de ce développement est aujourd'hui terminée et fait l'objet des résultats présentés dans cet article.

« LE BLUES DU DÉCIDEUR »

Il est souvent difficile d'imaginer les conséquences qu'une mauvaise décision peut engendrer. Privilégier une solution durable, respectueuse de l'environnement ne va-t-elle pas nous éloigner des marchés porteurs ? Le retour d'investissement est-il réalisable dans un délai correct ? L'industrialisation et la maintenance de cette technologie sont-elles facilement réalisables ? Parmi toutes les technologies existantes ou en cours de développement quelles sont les plus adéquates pour mon activité ?

On imagine facilement le poids et le stress d'une telle responsabilité, lorsqu'une entreprise ou un centre de recherche décide d'investir des sommes considérables à son échelle pour réorienter un secteur industriel complet ou la nature de ses recherches.

La méthode Masit offre la possibilité d'évaluer en permanence le progrès de la recherche/développement par rapport aux techniques existantes (veilles « Masit »). De même, nous pouvons réaliser une itération de l'application de Masit au système industriel sélectionné (en fonctionnement) pour s'assurer que les données sont toujours pertinentes lors de la mise sur le marché de nouvelles technologies (pas encore en fonctionnement). Il est donc possible de sélectionner les nouveaux travaux de R&D parmi ceux qui ont une chance de fournir une technologie durable, financièrement et technologiquement viable. Il est également possible de comparer les techniques existantes à une technique émergente, de déterminer la plus optimale et de jouer ainsi la carte d'un investissement gagnant face à la concurrence.

Jusqu'à présent, le critère de décision essentiel était toujours d'ordre économique. Les considérations liées au

marketing ou à la communication viennent ensuite, et quelque part en bas de la hiérarchie le potentiel environnemental du changement. La méthode propose une comparaison des critères selon 7 points de vue et la possibilité de créer ses propres critères de décision, sa propre hiérarchisation.

PHASE 1 ET 2 DU PROGRAMME DE RECHERCHE

Le projet, trop important pour être réalisé d'une traite, a été scindé en deux phases.

La phase 1 a pour mission de proposer une méthode élaborée que nous avons validé et rendu opérationnelle sur une technologie générique, le dépôt de chrome en phase aqueuse, et une technologie émergente, le dépôt en phase gazeuse, évaluée dans deux utilisations différentes.

La phase 2 aura pour fonction de prouver la reproductibilité de la méthode sur d'autres secteurs industriels ou d'autres processus. La sélection de sujets se fera sur la base du volontariat et de l'intérêt technologique.

MASIT : « MULTICRITERIA ANALYSIS FOR SUSTAINABLE INDUSTRIAL TECHNOLOGIES »

Comme nous l'avons précédemment signalé, Masit doit nous offrir un large choix de critères de décision. Pour supporter des méthodes aussi diverses que le « life cycle costing », l'évaluation des performances ou encore les ACV, nous avons structuré notre démarche en six étapes et sept points de vue, que nous vous proposons de découvrir.

Les acteurs

Nous avons isolé deux acteurs : « l'utilisateur final » et « le cadreur ».

L'utilisateur final n'est autre que le décideur, industriel ou directeur de recherche qui doit prendre une décision stratégique pour orienter ses actions à venir. Il utilise les procédures et il les applique à sa problématique.

Le cadreur adapte la méta-méthode en fonction de l'analyse à réaliser. C'est un chef de projet, unique interlocuteur de l'utilisateur, qui l'accompagne dans la démarche. Il délègue et gère les études des spécialistes puis les synthétise pour les intégrer. Il s'agit d'une personne d'expérience connaissant bien le secteur d'activité mais qui doit garder une objectivité totale dans son activité.

Les six étapes

Identification des couples processus/produit

Cette première étape consiste à identifier les différents processus et à comparer puis à associer à chacun d'eux la liste des produits qu'ils fabriquent. On forme ainsi un

couple processus/produit. Certains couples peuvent avoir un processus ou un produit identique (dépôt aqueux de chrome / dépôt en phase vapeur), mais pour chacun des couples formés on recherche les étapes amont et aval qui peuvent différer. Cette étape est en cohérence avec la démarche ACV mais elle est plus précise car elle prend implicitement la valeur ajoutée du produit.

Masit compare des couples processus/produit. Il est donc nécessaire de collationner à cette étape les données du point de vue fonctionnel.

Identification des flux d'entrée et de sortie

Il s'agit d'une simple étape d'identification des entrées et des sorties. Les données identifiées iront essentiellement alimenter le point de vue *Environnement*. On identifie en particulier la nature des émissions, des rejets, des matières premières et des énergies.

Définition du cadre de l'étude

Cette étape permet de sélectionner, parmi l'ensemble des couples processus/produit, les couples qui seront étudiés. À chaque couple retenu, on associe les flux entrants et sortants, les étapes amont et aval. Toutes ces données passeront au filtre des sept points de vue. Le « point de vue *fonctionnel* » est renseigné à cette étape. De même, le filtre binaire du « point de vue *Législation* » peut être appliqué à ce moment.

Définition des métriques

Dans toute technologie émergente, un certain nombre de données ne sont pas quantifiées numériquement. D'autres sont de qualité médiocre compte tenu du faible échantillonnage. Cette étape permet une définition des quanti-

fications. Nous avons défini des métriques à niveaux (faible, moyen, fort) ou, si elles sont disponibles, des métriques numériques. Les métriques à niveaux s'appliquent aussi à des données pertinentes mais difficilement mesurables comme l'acceptabilité, les effets de modes ou le stress engendré par une technologie.

Analyse des couples processus/produit

C'est l'étape d'analyse exhaustive selon les sept points de vue. On retrouve les différentes évaluations dans le Tableau I.

Mise en application

C'est la phase d'exploitation des résultats. on applique les méthodes sélectionnées pour obtenir les résultats nécessaires à la comparaison. De cette dernière phase découle la conclusion sur les technologies mise en concurrence.

Les sept points de vue (Tableau I)

La réglementation est un filtre binaire d'acceptation ou de refus. Si un processus n'est pas réglementaire il est forcément refusé. On évalue aussi les évolutions réglementaires à moyen et long terme.

Le fonctionnel a pour but d'identifier les différentes fonctions exercées par un couple processus/produit. Ce point permet de définir des bases communes de comparaison. On identifie la fonction par son nom, son objectif en terme de service et la qualité de réalisation en terme de service rendu.

La technique et l'industrialisation s'attachent à identifier les paramètres d'efficacité, de mise œuvre et de durée de vie du procédé qu'il soit déjà industrialisé ou en cours d'industrialisation. Dans Masit, les technologies peuvent être émergentes, croissantes ou matures. Nous en déduisons le potentiel de progression de la technologie et l'ampleur des risques à l'investissement. Il faut insister sur l'actualisation des paramètres de la technique déjà exploitée. Les données doivent être actualisées pour avoir une comparaison valable à l'instant (t).

L'environnement regroupe les effets biologiques des substances et « *l'écologistique* » prenant en compte divers paramètres. Dans la méthode, nous avons regroupé l'atteinte à la biodiversité^[1], la production de déchets ultimes, la consommation de ressources^[2] non renouvelables et les effets globaux irréversibles^[3] sous cette appellation. Cependant, ces critères peuvent être considérés d'une façon agrégée ou désagrégée selon les résultats de la comparaison des couples processus / produits. Ces paramètres couvrent un large spectre d'impacts et sont peu redondants entre eux. Ils peuvent accepter des métriques numériques ou « à niveau ». Les effets biologiques des substances sont évalués à travers les fiches produits, les fiches INRS ou la littérature spécialisée.

Le risque industriel et le risque technologique sont distingués

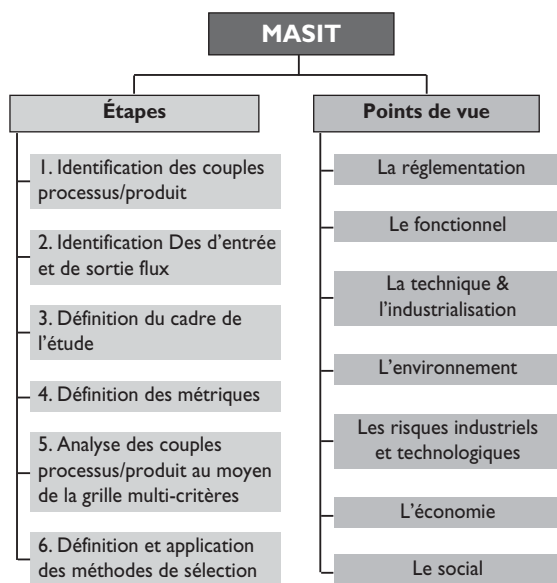


Figure I : Principe général de Masit

dans Masit par leurs domaines d'application. Le risque industriel concerne spécifiquement l'étape et le site de production alors que le risque technologique concerne l'ensemble du cycle de vie du produit. Les métriques utilisées sont assez bien connues. Le but est de savoir si l'utilisateur final veut ou peut assumer le risque ou s'il le trouve inacceptable.

L'économie permet de positionner les technologies étudiées selon différents indicateurs économiques. Tous les coûts du cycle de vie sont approchés : développement de

la technologie, investissement, exploitation ou maintenance et fin de vie de la technologie.

Le social prend en compte l'aspect humain des changements occasionnés par la mise en place d'une nouvelle technologie.

En interne, il peut être exprimé par : ((nombre d'emplois créés) – (nombre de licenciement)) + ((nombre de qualification – nombre de déqualification)).

Les taux de fréquence ou de gravité sont aussi d'excellents indicateurs lorsque les nouvelles technologies ont déjà des sites pilotes.

En externe, à l'aide d'étude (de sondage), le cadreur peut aussi déterminer les attentes du public en matière d'environnement [4]. Il peut ensuite confronter le couple processus/produit arrivé en tête de la comparaison à cette demande.

Interaction entre les sept points de vue

Masit est une méthode multicritères, il nous fallait prendre en compte les interactions entre critères. Nous avons choisi de déterminer les interactions à l'aide de valeurs de 0 (sans influence) à 3 (forte influence), la valeur X étant utilisée pour des influences non quantifiables (Grille 1). La grille que nous présentons peut être remplie autrement par le cadreur et l'utilisateur en fonction de leurs problématiques ou de leur sensibilité. Elle peut également contenir d'autres rubriques. Dans notre cas nous sommes partis de cinq points de vue qui nous semblaient prépondérants pour le décideur. Nous avons ensuite travaillé sur l'identification des interactions entre ces points de vue afin de les identifier sans les quantifier. Dans un second temps, nous avons affecté une valeur à cette interaction en fonction de la problématique du décideur, des données recueillies, du contexte économique, politique, juridique et de la sensibilité des acteurs. Chaque valeur de la grille pourrait être résumée par une ou deux petites phrases expliquant le pourquoi de ces valeurs.

Tableau I : Récapitulatif des sept points de vue

Point de vue	Métrique	Evaluation
La réglementation	Réglementation en cours	Conformité réglementaire. Ecart entre les caractéristiques de la technologie et la limite réglementaire
	Réglementation prospective Différence législative entre les différentes zones d'échange	Menace – opportunité – entre les pays européens, – entre l'Europe et l'Amérique du nord, – entre l'Europe et l'Asie.
Le fonctionnel	Nom et objectif de la fonction	L'objectif est exprimé en terme de service rendu
	Qualité	Déterminée à partir des spécifications liées à la fonction (normes, cahier des charges, etc.)
La technique et l'industrialisation	Efficacité	Métrique numérique, exprimée en %
	Fiabilité	Métrique numérique, exprimée en % (prise égale au taux de disponibilité)
	Durée de vie	Métrique numérique, exprimée en année
	Maturité	Métrique à 3 niveaux : – émergente, – croissante, – mature.
	Recyclabilité	Métrique numérique, exprimée en % (prise égale au pourcentage de matière recyclable par rapport au total de matières)
	Mise en œuvre	Métrique numérique ou à niveau. Elle se détermine à partir du taux de rebut et de la flexibilité de la technologie
	Développement industriel	Métrique numérique, exprimée en Euro (coût de mise en place de la technologie)
L'environnement	Effet biologique des substances	Métrique à échelle, se détermine en fonction: – de la morbidité – des effets à court terme – des effets à long terme
	Ecologistique	Métrique à échelle, se détermine en fonction: – de l'atteinte à la biodiversité – de la production des déchets ultimes – de la consommation des ressources non renouvelables – des effets globaux irréversibles
Les risques industriels et technologiques	Le risque Le coût de la réparation Le coût de la prévention	Métrique numérique ou à échelle selon la disponibilité des données
L'économie	TRI : temps de retour sur investis. Investissement Développement Exploitation Maintenance Fin de vie	Métrique numérique exprimée en Euro
Le social	Acceptabilité interne à l'entreprise	Métrique à niveaux déterminés à partir des études sociales.
	Acceptabilité externe à l'entreprise	

Grille I : Interactions des métriques

T&I : Technique & Industrialisation, En : Environnement, R.I&T : Risques industriel et technique,

Ec : Économie, S : Social.

		S	Ec							R.I & T			En	T&I							
		Acceptabilité externe	Acceptabilité interne	Fin de vie	Maintenance	Exploitation	Développement	Investissement	TRI	Coût de la réparation	Coût de la prévention	Risque	Effet biologique des substances dangereuses	Écologistique	Développement industriel	Mise en œuvre	Maturité	Durée de vie	Efficacité	Fiabilité	Recyclabilité
T&I	Recyclabilité	3	X	0	1	1	2	X	3	0	0	2	2	3	0	0	0	2	0	0	
	Fiabilité	2	3	0	3	2	0	2	2	3	2	3	0	0	3	0	2	0	1		0
	Efficacité	2	1	0	1	2	1	2	3	2	2	2	1	3	2	1	2	0		1	0
	Durée de vie	2	0	2	3	2	2	3	3	0	0	0	0	2	0	0	0		0	0	0
	Maturité	3	3	0	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	2	2		0	2	2	0
	Mise en œuvre	0	2	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1		1	1	1	1	1
	Développement industriel	2	2	2	3	3	1	0	2	2	2	2	1	0		2	3	2	1	2	1
En	Écologistique	3	0	3	0	0	1	1	3	2	2	2	0								
	Effet biologique des substances dangereuses	3	3	3	0	0	3	3	2	3	3	3	0								
R.I & T	Risque	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2										
	Coût de la prévention	2	1	1	1	1	3	3	2	2		3									
	Coût de la réparation	2	1	1	2	2	3	3	2		1	2									
Ec	TRI	2	0	1	2	2	2	3													
	Investissement	2	0	1	1	1	2	3													
	Développement	1	1	0	1	1		1	1												
	Exploitation	3	3	1	3		2	2	2												
	Maintenance	3	3	1		3	1	2	2												
S	Fin de vie	2	0		0	0	2	1	0												
	Acceptabilité interne	2																			
	Acceptabilité externe	2																			

Cette grille doit être utilisée pour les interactions à forte influence (= 3) afin de construire des représentations graphiques exprimant les liens favorables ou défavorables entre critères et leurs variations au cours du temps (voir un exemple figure 1 dans le chapitre suivant Représentation graphique des résultats.

Masit n'est pas une méthode directive, c'est le décideur et lui seul qui décide des critères et de l'importance qu'il leur accorde. Le rôle du cadreur est aussi de garder un regard objectif sur les critères retenus. Il doit aussi protéger la cohérence entre les objectifs de l'étude et les critères.

Le décideur peut souhaiter agréger les valeurs, cependant ce n'est pas souhaitable car cette approche est contraire à l'ergonomie de la méthode. Celle-ci doit proposer des tableaux de bord à lecture rapide tel que décrit dans le chapitre ci-dessous.

Représentation graphique des résultats

C'est un point important pour faciliter la lecture de l'utilisateur final. Nous avons choisi de travailler à l'aide de

représentations déjà connues ou d'en construire de nouvelles. Pour l'exemple qui suit, nous avons considéré l'évolution de la réglementation comme inéluctable et avec des conséquences sur la rentabilité de l'investissement. Nous avons pris des repères temporels A⁰ à A¹⁵ exprimant des temps de retour sur investissement. En croisant les données « temps de retour sur investissement » avec l'évolution des contraintes réglementaires en Europe et en France, nous obtenons la courbe ci-dessus. Elle exprime le déplacement de la technologie d'une « zone d'opportunité » restreinte à une « zone de menace (législative) ».

Ce type de graphe est systématiquement réalisé pour les interactions fortes de la grille I.

PERSPECTIVES

Masit, sur l'exemple du chromage, a montré ses capacités à départager deux technologies concurrentes. Nous avons pu démontrer l'intérêt d'une méthode par rapport

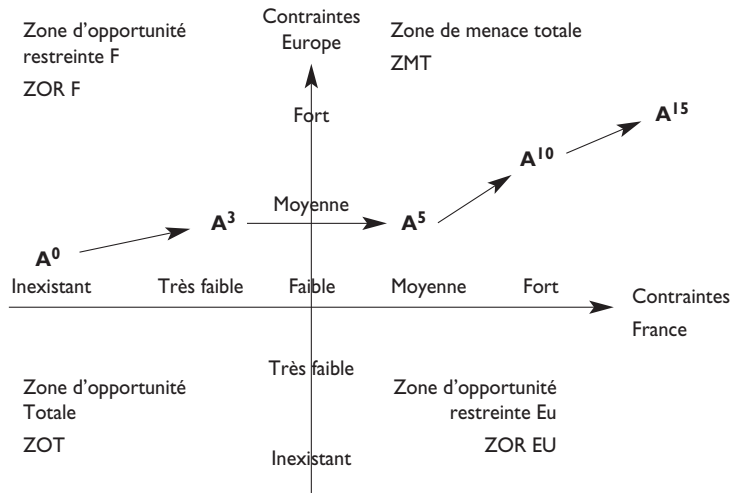


Figure 1 : Grille bi-axiale, approche temporelle de la réglementation

à l'autre et justifier des changements radicaux dans la technologie de production.

Dans le cas du chromage nous avons pu démontrer que :

- le chromage en phase vapeur représentait une opportunité en terme d'évolution réglementaire,
- le chromage en phase vapeur a globalement moins d'effets environnementaux que le chromage aqueux,
- le chromage aqueux nécessite un investissement inférieur.
- le chromage aqueux génère plus d'emplois, mais moins qualifiés que le chromage en phase vapeur.

Nous devons passer à la phase de reproductibilité pour prouver son aspect opérationnel. Il reste une somme importante de travail mais la seconde phase devrait nous permettre de progresser dans cette voie. À l'issue de celle-ci, nous saurons si la méthode peut supporter tous les domaines d'activités industrielles ou de recherche. Nous aurons à améliorer d'autant les procédures de la méthode en précisant de nombreux points.

D'ores et déjà, la méthode intègre parfaitement l'approche multicritères et l'aspect durabilité. Elle peut donc être utilisée pour rechercher les meilleures technologies disponibles ou en cours de le devenir.

À terme, Masit peut contribuer aux démarches d'investissements, au choix des meilleures technologies disponibles et s'assurer de la durabilité d'un projet d'investissement. Comme il existe des normes de qualité ou de suivi de projet, la méthode peut prétendre à devenir une norme « d'évolution technologique contrôlée », socialement, environnementalement et économiquement correcte. Accompagnée de « guidelines », une démarche de changement d'envergure pourra être cadrée pour répondre aux critères économiques, de durabilité ou d'efficacité.

L'avenir de cette méthode réside essentiellement dans l'utilisation croissante qui doit en être faite. Seule la multiplication de projets l'utilisant permettra de la généraliser et de l'améliorer. Masit possède aussi un atout important : c'est

aujourd'hui la seule méthode publique assez élaborée pour évaluer la pertinence d'un saut technologique. C'est peut être aussi la fin du « blues du décideur ».

* **Christophe RAFENBERG**
IUT de Saint-Denis UPI3
christophe.rafenberg@libertysurf.fr

Cet article est une synthèse rédigée au nom du groupe de recherche Masit, composé par le CEA, Ecobilan, EDF et l'Université Paris 13, avec la participation financière de l'Ademe [5]

Notes :

- [1] Liée à la diminution ou la disparition d'une espèce, liste officielle d'espèces à protéger sur le site <http://www.unep.org>
- [2] CML, environmental life cycle assessment of products, octobre 1992, Leiden, Netherlands.
- [3] Il est possible de prendre un indice IPPC : International Panel on Climate Change.
- [4] Étude prospective de la demande « environnement » et sa traduction en termes scientifiques et techniques à des fins de programmation de la recherche & développement, Bipe conseil et CDC consultants, 1997.
- [5] Le comité de pilotage comprenait des représentants du ministère de la recherche, du ministère de l'environnement, du ministère de l'industrie, de l'Anvar et de la DG environnement. Le groupe de recherche Masit est composé de L. Grisel, P. Osset, A. Ghoumidh d'Ecobilan, de P. Philip, A. Maurel du CEA, A-M Blanc d'EDF, Y. Hellot et S. Wenisch de l'Ademe, de C. Rafenberg de l'IUT de Saint-Denis dépt. HSE/LIMHP.