



CATE - Station Expérimentale de Vézendoquet - 29250 ST POL DE LEON
ASTREDHOR – 44, Rue d'Alesia – 75682 PARIS

ASTREDHOR
PROGRAMME NATIONAL DE RECHERCHE APPLIQUEE
ET D'ETUDES 2011

*Itinéraires techniques
et démarches agro-environnementales
en pépinière ornementale hors-sol*

Thématique :
Techniques culturales et gestion des facteurs agronomiques

Février 2012

PROJET D'ACTION : SITUATION

Début de l'action : 2010

Durée prévue : 3 ans

TITRE : Evaluations d'itinéraires techniques s'inscrivant dans des démarches agro-environnementales en pépinière ornementale hors-sol

Titre abrégé : itinéraires techniques et démarches agro-environnementales en pépinière hors-sol.

MOTS CLES :

Itinéraire technique, démarche agro-environnementale, Production Horticole Durable, pépinière, culture hors-sol, indicateur environnementale.

Chef de projet :

Laurent MARY

CATE

Station expérimentale de Vézendoquet

29250 SAINT POL DE LEON

Tel : 02.98.69.22.80

Fax : 02.98.69.09.94

Laurent.mary@astredhor.fr

PARTENAIRES qui travaillent directement avec le chef de projet :

Philippe MOREL

INRA Centre d'Angers-Nantes

UMR SAGAH

42 rue Georges Morel

B.P. 60057

F 49071 BEAUCOUZE cedex

Tél:33 (0)2 41 22 56 48 Fax:33 (0)2 41 22 56 35

Philippe.Morel@angers.inra.fr

Fabrice BARRAUD

Falienor Terreaux de France

Directeur du développement

Le Ciron, BP 6

49680 VIVY SAUMUR

Tél : 02.41.52.51.71

Fax : 02.41.52.52.88

falienor@wanadoo.fr

Romain MANCEAU

ASTREDHOR

Ingénieur méthodes en Production Intégrée

44, Rue d'Alésia

75682 PARIS cedex 14

Tél : 01.53.91.45.00.

Fax : 01.45.38.56.72.

romain.manceau@astredhor.fr

THIOLLET-SCHOLTUS Marie

INRA Colmar

03.89.22.49.20

06.86.71.25.96

marie.scholtus@angers.inra.fr

INRA Centre d'Angers-Nantes

Unité Vigne et Vins

42 rue Georges Morel

B.P. 60057

F 49071 BEAUCOUZE cedex

Tél:33 (0)2 41 22 56 48 Fax:33 (0)2 41 22 56 35

THELLIER Lydie
INRA Centre d'Angers-Nantes
UMR SAGAH
42 rue Georges Morel
B.P. 60057
F 49071 BEAUCOUZE cedex
Tél:33 (0)2 41 22 56 48 Fax:33 (0)2 41 22 56 35
Lydie.Theulier@angers.inra.fr

LIEUX DE REALISATION :

CATE
Station expérimentale de Vézendoquet
29250 SAINT POL DE LEON
Tel : 02.98.69.22.80
Fax : 02.98.69.09.94

EXPERTS CONNUS SUR LE SUJET :

Philippe MOREL
INRA Centre d'Angers-Nantes

Fabrice BARRAUD
Falienor Terreaux de France

Romain MANCEAU
ASTREDHOR

THIOLLET-SCHOLTUS Marie
INRA Colmar & INRA Centre d'Angers-Nantes

THELLIER Lydie
INRA Centre d'Angers-Nantes

DESCRIPTION DE L'ACTION

I. OBJECTIFS

I. 1. Enjeux :

La prise en compte des enjeux environnementaux au niveau de la production horticole et de la distribution des végétaux d'ornement est devenue une préoccupation majeure.

Aujourd'hui, un certain nombre d'horticulteurs et de pépiniéristes doivent répondre aux cahiers des charges de certains distributeurs qui imposent des techniques de production de plantes en conteneur relatives à la protection de l'environnement et au développement durable. Or, l'intérêt de ces techniques, d'un point de vue environnemental, n'a pas toujours été évalué par rapport à la performance globale du système de production dans son ensemble. Des interactions entre différents facteurs de production, présentant chacun un intérêt environnemental lorsqu'ils sont pris séparément, peuvent aboutir à une performance moyenne ou médiocre lorsqu'ils sont réunis dans un système global. L'exemple le plus frappant en culture hors sol concerne l'interaction entre le substrat, le mode de fertilisation et l'irrigation.

Il existe aujourd'hui d'assez nombreuses références en horticulture sur des techniques alternatives de production comme la lutte contre les adventices par des paillages, les substrats sans tourbe, les procédés d'irrigation économes en eau ... mais, ces techniques ont été étudiées indépendamment les unes des autres et ont été appliquées à des itinéraires techniques conventionnels. Il y a au contraire peu de références sur des systèmes de production et des itinéraires techniques globaux qui intègrent l'ensemble des facteurs de production avec un objectif de performance technique, environnemental et économique bien caractérisé pour une production horticole durable.

L'objectif de ce projet est donc de :

- définir par l'analyse critique des connaissances existantes avec l'appui d'un groupe d'experts, un faible nombre de schémas de production et d'itinéraires techniques dont les facteurs de production semblent *a priori* cohérents et intégrés entre eux. Ces schémas de production devront permettre d'aboutir à une performance environnementale et technique correspondant aux exigences des productions horticoles durables et à des niveaux de qualité de plante attendus pour une commercialisation en jardinerie.

- évaluer précisément par l'expérimentation et l'acquisition de références la performance globale au niveau environnemental et qualitatif des schémas de production définis précédemment en optimisant les interactions entre facteurs de production.

- parallèlement à cette démarche, l'évaluation de la performance environnementale et qualitative d'un schéma de production traditionnelle sera entreprise.

Ce travail s'intéressera uniquement au secteur de la pépinière ornementale hors-sol et plus particulièrement au créneau de la production d'arbustes en conteneurs de 3 et 4 litres qui constitue le segment de marché le plus important pour ce secteur.

De même, ce projet ne prendra en compte que les facteurs de production suivant : aire de culture, contenant, substrat, fertilisation, irrigation et désherbage.

Pour le choix des itinéraires techniques, les conditions favorables et défavorables aux ravageurs et maladies induites par les différents facteurs de production mis en œuvre dans ces itinéraires seront décrites et prises en compte. Par contre, les techniques de lutte contre les ravageurs et les maladies (P.B.I. par exemple) ne seront pas des modalités étudiées dans ce projet.

Par ailleurs, l'applicabilité et la faisabilité des itinéraires techniques en production fera également partie des critères de performance et de choix des schémas de production et itinéraires techniques agro-environnementaux. Pour cela des indicateurs économiques et de facilité d'application technique seront définis.

I. 2. Résultats attendus :

Pour le secteur de la pépinière ornementale hors-sol et plus particulièrement pour le créneau des plantes élevées en conteneur de 3 à 4 litres qui est le principal créneau commercial de ce secteur, le résultat attendu est de proposer un ou des systèmes de production globaux éprouvés par l'expérimentation, dont l'ensemble des facteurs de production sont bien intégrés entre eux et dont l'impact environnemental a été évalué, est parfaitement maîtrisé et correspond aux objectifs des productions horticoles durables.

Ce projet vise à éviter la diffusion de techniques de culture qui, non suffisamment intégrées dans un itinéraire de culture, pourraient ne pas permettre de répondre aux attentes espérées en matière de protection de l'environnement.

II. SITUATION ACTUELLE DU SUJET DE RECHERCHE

II. 1. Synthèse bibliographique permettant de situer le projet

Le développement durable est devenu un enjeu partagé par la majorité de la population en Europe. Au demeurant, les politiques publiques traduisent de plus en plus ces enjeux dans leurs programmes d'action sous forme de réglementations ou d'incitations.

Or, un certain nombre des préoccupations liées au développement durable concerne l'horticulture. C'est notamment le cas pour la préservation des ressources naturelles, l'usage de l'eau, des engrais et des produits phytosanitaires (Petitjean, 2008a).

La prise en compte de ces préoccupations explique l'intérêt d'un certain nombre de distributeurs de végétaux d'ornement et de producteurs horticoles pour les productions horticoles durables et raisonnées et pour les certifications environnementales (Petitjean, 2008b).

Une production horticole durable et raisonnée vise à produire des végétaux dont la qualité est adaptée au marché de l'entreprise concernée tout en respectant l'environnement dont la protection est intégrée dans toutes les décisions de l'entreprise et dans son fonctionnement quotidien afin de prévenir les pollutions et de préserver les ressources naturelles (Dray et al., 1999).

Même si des certifications environnementales existent déjà, telles que les procédures MPS, ISO 14000, FARRE (Petitjean, 2008b), la profession horticole française à travers la FNPHP travaille à la mise en œuvre d'une démarche Production Horticole Durable (PHD) adaptée à la diversité du secteur et visant à différencier la production nationale à l'aide d'une certification d'entreprise basée sur des référentiels environnementaux et sociaux (Auger, 2009 ; Lumineau, 2009).

Dans ce cadre, l'ASTREDHOR a élaboré pour la certification environnementale des exploitations, un outil qualitatif de diagnostic environnemental de l'entreprise qui prend la forme d'une grille d'audit (Astredhor, 2009; Manceau, 2009). Mais dans l'avenir, avec l'affichage environnemental sur les biens de consommation prévus pour janvier 2011, il sera nécessaire de disposer d'outils pour renseigner précisément les impacts environnementaux des produits horticoles (Manceau, 2009).

Ce contexte justifie l'acquisition de références scientifiques et techniques sur les performances environnementales des systèmes de production et des itinéraires techniques horticoles de façon à préciser l'importance des impacts, nuisances ou bénéfiques qu'ils engendrent.

L'exemple de l'analyse globale du cycle de vie de la production de tomate de serre en France (projet Ecoserre, 2008) relève quelques questions dont les réponses sont susceptibles d'orienter le travail à réaliser :

- Quels sont les facteurs de production qui ont les impacts environnementaux les plus forts ?
- Quels sont les types d'impacts environnementaux provoqués (épuisement de l'énergie ou de ressources non renouvelables, changement climatique, eutrophisation, acidification, destruction de la couche d'ozone, écotoxicité terrestre et aquatique, toxicité humaine, qualité et diversité des écosystèmes....) ?

- Quels sont les critères permettant d'identifier la durabilité d'un agrosystème ?

Sans faire l'analyse du cycle de vie du produit 'plantes de pépinière en conteneur' dans ce document, une réflexion préalable laisse penser que l'utilisation de l'eau, les engrais, les produits phytosanitaires, les supports de cultures, les plastiques sont les facteurs de production qui peuvent provoquer les impacts les plus forts au niveau environnemental.

Les produits phytosanitaires sont à prendre en considération dans cette étude à travers les conséquences qu'entraînent le système de culture et l'itinéraire technique sur l'état sanitaire des cultures par l'étude des conditions favorisant ou défavorisant les parasites et ravageurs des cultures. Par contre, les questions concernant des procédés alternatifs de protection des cultures, ne seront pas traitées dans ce projet.

Au niveau du réseau d'expérimentation ASTREDHOR, un certain nombre de facteurs de production alternatifs, permettant en principe de diminuer l'impact environnemental des pratiques horticoles, ont été étudiés ces dernières années dans diverses expérimentations (Base d'information RESULHOR), notamment en ce qui concerne :

- Les contenants : contenants biodégradables,
- Les substrats : substrats pauvres en tourbe ou sans tourbe (Bohne, 2008,),
- La fertilisation : engrais organiques (Verberkt, 2004 ; Vrieze L., 2002, Broschat T.K., 2008), les engrais à libération programmée.
- La gestion de l'eau : irrigation au goutte à goutte, irrigation par nappe, tensiométrie (Lachurie J., 2002), recyclage (Mary L., 2002),
- Le désherbage : par paillage, par disque (Couette K., 2002),
- La lutte contre les ravageurs : par la protection biologique intégrée.

Une synthèse intitulé « Pratiques alternatives et durables en horticulture ornementale – 10 années de travaux d'ASTREDHOR » qui a été éditée en 2009 recense l'ensemble de ces travaux.

Mais, ces facteurs de production ont été étudiés dans le cadre d'itinéraires traditionnels dans lesquels seul le facteur étudié avait été modifié. L'évaluation de ces facteurs a été le plus souvent uniquement d'ordre technique et leur impact environnemental a été le plus souvent peu mesuré objectivement.

Par ailleurs, en substituant de cette façon un seul facteur de production à la fois dans l'itinéraire de culture, il semble impossible de pouvoir réellement optimiser le système dans son ensemble par rapport aux contraintes environnementales (Morel P., communication personnelle).

Les premiers résultats d'une expérimentation réalisée au CATE en 2009 et 2010 confirment cette vision. Ces expérimentations visaient à comparer un itinéraire de production traditionnel en pépinière hors-sol à un itinéraire qui réunissait différents facteurs de production alternatifs tels qu'un substrat sans tourbe, une fertilisation organique, de l'irrigation au goutte à goutte, des disques en fibre de coco pour éviter le développement des adventices et pour certaines modalités, des contenants biodégradables. Avec cet itinéraire alternatif, la croissance des plantes et leur qualité ont été nettement inférieures à celles de l'itinéraire traditionnel et cela malgré des doses d'éléments fertilisants bien plus élevées (notamment en azote). Ces résultats sont liés à l'incohérence d'associer un substrat sans tourbe, riche en fibre en coco, en écorce et en fibre de bois, à très faible capacité d'échanges pour les éléments minéraux et à faible réserve en eau avec une fertilisation organique dont on maîtrise peu la minéralisation. Le lessivage d'éléments minéraux a été très élevé. Il en est de même pour la gestion des irrigations qui nécessite un suivi très précis du fait de la faible réserve en eau pour avoir une optimisation par rapport aux besoins des plantes.

De même, on peut observer que l'impact environnemental de certaines pratiques comme l'irrigation fertilisante par exemple, peut être fortement diminué par la mise en œuvre d'autres techniques comme l'irrigation au goutte à goutte et le recyclage des solutions nutritives avec irrigation en circuit fermé.

A notre connaissance, les systèmes de production et les itinéraires techniques globaux, qui intègrent l'ensemble des facteurs de production avec un objectif de performance technique, environnemental et économique bien caractérisé et bien évalué pour une production horticole durable, restent à définir.

II. 2. Bilan des résultats acquis sur le sujet

III. GAINS OU AVANTAGES ATTENDUS

III. 1. Intérêt scientifique et technique

Au niveau scientifique, cette approche systémique des itinéraires de culture et des systèmes de production horticole permettra d'acquérir des références sur l'impact environnemental réel des productions d'arbustes en pépinière hors-sol et d'approfondir les connaissances sur les interactions des facteurs de production entre-eux.

La démarche envisagée, avec l'intervention préalable d'un groupe d'experts, permettra de limiter le nombre d'itinéraires à évaluer par l'expérimentation.

Au niveau technique, les travaux doivent permettre de définir un ou des systèmes de production horticole durables pour le secteur de la pépinière ornementale hors-sol et de les évaluer au niveau environnemental et technique.

III. 2. Intérêt socio-économique

Les intérêts socio-économiques sont de :

- asseoir les démarches de labellisation agro-environnementale des pépiniéristes sur les performances environnementales des systèmes de production évalués globalement et objectivement.
- diminuer l'impact environnemental des systèmes de production en pépinière ornementale hors-sol.
- permettre à la filière de répondre aux enjeux du développement durable.

IV. TRAVAUX REALISES EN 2010 et 2011

4.1. - Rappel des objectifs du projet

L'objectif de ce projet est :

- de mieux connaître les performances environnementales du système de production en pépinière ornementale hors-sol. Ce travail s'intéressera plus particulièrement au créneau de la production d'arbustes en conteneurs de 3 et 4 litres qui constituent le segment de marché le plus important pour ce secteur.
- de définir un ou des indicateurs permettant d'évaluer l'impact environnemental d'itinéraires de culture pour une production d'arbustes en conteneurs.
- de proposer et sélectionner des pratiques plus performantes au niveau environnemental et cela dans une approche globale au niveau de l'itinéraire de culture et du système de production.

4.2. - Démarche et méthode

4.2.1 Pour l'évaluation environnementale de systèmes de production :

Un travail avec un groupe d'experts scientifiques a permis de préciser le fonctionnement du système de production des arbustes en conteneur élevés en hors-sol sur des aires de culture spécialisées et de préciser les impacts environnementaux de ce système de culture. Cette analyse des pratiques à dire d'experts apparaît indispensable au regard de la grande diversité des itinéraires possibles dans le système de culture étudiés. De plus, les interactions entre différentes techniques sont nombreuses.

La question de la méthode d'évaluation à choisir pour cette étude a été également étudiée par ce groupe d'expert. Il s'agit de définir un ou des indicateurs permettant d'évaluer l'impact environnemental d'itinéraires de culture pour une production d'arbustes en conteneurs.

Ce travail a été complété par une recherche bibliographique sur les impacts environnementaux du système de culture étudié et des techniques employées ainsi que sur les méthodes d'évaluation environnementale.

Parallèlement au travail réalisé avec le groupe d'experts pour réfléchir au niveau du système de culture étudié, une réflexion a été réalisée avec un groupe de pépiniéristes pour réfléchir à la question de l'intégration environnementale au niveau des exploitations. Ce changement d'échelle est apparu nécessaire car certaines solutions pour maîtriser les impacts environnementaux de plusieurs techniques comme le désherbage par exemple, ne peuvent être mises en place qu'à ce niveau d'échelle. De même, certains impacts comme ceux du désherbage des abords et des chemins dont la surface est importante dans les pépinières de production ne peuvent se raisonner qu'au niveau de l'exploitation.

4.2.2 Pour la conception d'itinéraires techniques à dire d'experts :

Le groupe d'expert a également été mobilisé pour définir à partir de l'analyse critique des connaissances existantes, un faible nombre de schémas de production et d'itinéraires techniques dont les facteurs de production semblent *a priori* cohérents et intégrés entre eux. Ces schémas de production devront permettre d'aboutir à une performance environnementale et technique correspondant aux exigences des productions horticoles durables et à des niveaux de qualité de plante attendus pour une commercialisation en jardinerie

4.3. – Principes généraux sur la mise au point d'itinéraires plus durables et sur l'évaluation environnementale d'itinéraires techniques et de systèmes de production

Meynard (2008), en décrivant plusieurs voies d'amélioration (d'ailleurs considérées comme complémentaires), insiste sur la dimension collective du travail de (re)conception :

- amélioration pas à pas des systèmes existants en partant de diagnostics et en explorant des voies d'amélioration notamment en intervenant avec des groupes d'agriculteurs.
- conception de novo de systèmes de culture par l'utilisation de modèles agronomiques ou par une voie qu'il appelle «prototypage sans modèle » en mobilisant le savoir détenu par des experts.

Quoiqu'il en soit, le recours à des outils d'évaluation et diagnostic agro-environnemental s'avère nécessaire pour aider à cette démarche d'amélioration.

Ainsi, l'élaboration d'outils d'évaluation et de diagnostic agro-environnemental et de durabilité a fait l'objet de beaucoup d'attention de la part des agronomes depuis une vingtaine d'années et cela, que ce soit pour orienter des politiques publiques, diagnostiquer les pratiques d'exploitants agricoles, les sensibiliser, mesurer les performances environnementales au niveau d'exploitations ou de parcelles, améliorer ou concevoir des itinéraires techniques, échauffer des outils de management.

Pour caractériser l'effet des pratiques culturales sur l'environnement, Girardin (1997) cite les moyens suivants :

- la caractérisation directe d'une ou plusieurs variables d'état du milieu (par mesure directe ou par estimation à l'aide d'un modèle).
- la caractérisation indirecte par le recours à des indicateurs simples ou composites (construits à partir de l'agrégation d'informations disponibles facilement). Les indicateurs sont « des grandeurs de nature très diverses (données, calculs, observations, mesures), qui fournissent une information au sujet de variables plus difficiles d'accès ou de systèmes plus complexes » (Bockstaller et al., 2008). Ils servent à faciliter la compréhension des systèmes complexes, pour réaliser un diagnostic ou comme outil d'aide à la décision.

Peschard et Al (2004) ont mené une analyse comparative de 5 méthodes de diagnostic agri-environnemental et ont proposé une grille d'analyse des outils pour préciser leur domaine de validité.

De même, Bockstaller et Al. (2008) ont réalisé plus récemment un panorama des méthodes et indicateurs d'évaluation environnementale ou de la durabilité en France. Ils les classifient en 4 groupes : les méthodes qui s'intéressent aux différentes dimensions de la durabilité (IDEA, Arbre, MASC), les méthodes centrées sur la dimension environnementale à l'échelle de la parcelle et/ou de l'exploitation (DAEG, DIALOGUE, DIAGE, DAEG, INDIGO, PLANETE, AQUAPLAINE), les méthodes centrées sur la dimension environnementale à l'échelle d'un produit ou d'une filière (ACV), les méthodes à l'échelle du territoire.

Du fait de la problématique de ce projet, le choix d'une méthode centrée sur la dimension environnementale à l'échelle de la parcelle et/ou de l'exploitation semble *a priori* plus pertinent. Parmi celles-ci, les méthodes DIALECTE et DIAGE sont plus adaptées à l'évaluation d'exploitation (Bockstaller et al., 2008 ; Peschard et al.,

2004). La méthode PLANETE s'intéresse uniquement aux questions de l'énergie et de l'effet de serre et la méthode AQUAPLAINE, à celle du transfert de pesticide (Bockstaller et al., 2008).

Par contre, les indicateurs des méthodes INDIGO, DIALOGUE et DAEG sont calculés à l'échelle de la parcelle.

Pour le moment, aucune de ces méthodes n'a été utilisée pour une évaluation environnementale concernant les productions d'arbustes en pépinière ornementale. Donc, a priori, les indicateurs qu'elles utilisent ne sont pas forcément adaptés au contexte de ce projet. Une analyse plus fine de ces 3 méthodes serait donc à réaliser.

4.4. – L'élaboration d'un indicateur de type INDIGO

Les mesures directes pour évaluer un impact environnemental ne sont pas toujours accessibles du fait de problèmes de coût, d'accessibilité, d'échantillonnage, de méthode d'analyse, de méthode d'interprétation ou de la nécessité de décrire des phénomènes complexes et interdépendants. De plus, on dispose de peu de modèle pour estimer des variables agronomiques et environnementales difficilement mesurables.

Aussi, Girardin & al. (1996), Bockstaller & al (1997) ont décrit la méthode de construction d'une famille d'indicateurs composites, appelés indicateurs indigo qui permettent de pallier ces difficultés. Il est possible d'agréger dans ces indicateurs composites, des informations diverses provenant du terrain, d'experts ou de sources scientifiques. De cette manière, des indicateurs permettant d'évaluer les conséquences de pratiques agricoles sur une ou des composantes de l'environnement, peuvent être construits. L'évaluation de systèmes complexes, notamment pour évaluer un itinéraire technique ou faciliter une prise de décision semble donc possible.

Pour Van der Werf & Al. (1998), la construction d'un indicateur d'impact environnemental impose de répondre à 2 questions : quelles variables d'entrées prendre en compte et comment agréger ces variables ?

Ces mêmes auteurs (Girardin & al., 1996 ; Van der Werf & Al., 1998 ; Bockstaller, 2004) ont illustré cette démarche en réalisant des indicateurs concernant les impacts sur l'environnement de l'assolement et des pesticides (I-PHY). Les variables prises en compte sont agrégées par l'intermédiaire de fonctions mathématiques simples ou de règles de décisions faisant appel à des systèmes experts basés sur les principes de la logique floue (ex : l'association de telle pratique et de telle autre pratique entraîne des conséquences environnementales d'un niveau défavorable sur tel critère environnemental). Le mode de calcul de différents indicateurs indigo (assolement (I-AS), succession culturale (I-SC), matière organique (I-MO), phosphore (I-P), azote (I-N), produits phytosanitaires (I-PHY) est décrit par Bockstaller & Al., 2008). Mais, ces indicateurs ne concernent que les grandes cultures.

Les critères et variables prises en compte dans le calcul de l'indicateur I-PHY ont été justifiés par Van Der Werf & al. (1998) et par Bockstaller (2004). Des connaissances scientifiques et le savoir d'experts sont à la base de cet indicateur.

La logique floue se révèle être une méthode appropriée pour modéliser les connaissances imprécises et incertaines comme le sont dans notre cas, les répercussions environnementales de pratiques agricoles. Ainsi, sa mise en oeuvre conduit «l'expert» à proposer une répartition en classes des conséquences environnementales de variables d'entrée agrégées entre elles par des règles de décision.

Le caractère favorable ou défavorable des différentes variables agrégées permet donc d'aboutir à un classement qui peut prendre la forme d'un indice compris entre la valeur 0 (risque maximum) et la valeur 10 (absence de risque).

Cette méthode permet de traduire en langage simple les connaissances disponibles, de résoudre les problèmes des valeurs proches des limites de classes, d'agréger des variables de nature très différentes (Girardin & al., 1997).

L'adéquation de l'outil par rapport aux objectifs et la pertinence par rapport aux données du terrain doivent être validées. Les indicateurs construits doivent être sensibles aux changements de pratiques et les domaines de vraisemblance et d'invraisemblance doivent être déterminés.

L'association de plusieurs indicateurs environnementaux peut permettre de constituer un tableau de bord agrienvironnemental pour des exploitations.

4.5. - Le cadre de l'évaluation environnementale

Bockstaller et al. (2008) précise la nécessité de définir le contexte d'une évaluation agro-environnementale puisque le résultat de celle-ci n'est pas isolable de ce contexte : quel diagnostic préalable motive l'évaluation ? Qui va réaliser l'évaluation ? Quels sont les objectifs de l'évaluation ? Quelles sont les limites du système évalué, les échelles spatiales et temporelles ? Quelles sont les données que le commanditaire veut valoriser ?

- Quel diagnostic préalable motive l'évaluation ?

La première motivation de l'évaluation environnementale à mettre en place est d'élaborer des itinéraires techniques plus performants. Or, de très nombreuses techniques existent en horticulture hors-sol et les possibilités de les assembler dans des itinéraires sont très vastes.

Mais si de nombreuses techniques alternatives ont été étudiées en horticulture ornementale, mais on ne dispose que de peu de référence sur leur impact environnementale réel dans le cadre d'itinéraires globaux.

En effet, du fait des interactions existantes entre les facteurs de production, notamment au niveau du système couplant la plante au substrat, à la fertilisation et à l'irrigation, il apparaît important de réaliser les évaluations environnementales au niveau global du système de culture et de l'itinéraire technique pris dans leur ensemble et pas seulement au niveau des facteurs de production pris isolément.

Donc, l'élaboration de systèmes de culture et d'itinéraires techniques qui se veulent durables et raisonnés doit prendre en considération les interactions entre les différents facteurs de production. L'outil d'évaluation à mettre en place doit permettre de tenir compte de ces interactions.

De ce fait, il apparaît plus pertinent que l'évaluation environnementale soit réalisée au niveau global du système de production et de l'itinéraire technique et non pas au niveau des facteurs de production pris isolément.

- Quelles sont les limites du système évalué, les échelles spatiales et temporelles ?

L'horticulture ornementale en France montre une diversité très importante de produits, d'espèces végétales, de système de production et d'itinéraires techniques.

Pour restreindre le champ d'étude de ce thème de l'évaluation environnementale des pratiques horticoles, ce projet s'intéressera uniquement aux cultures hors-sol en conteneurs pour la filière pépinière ornementale. Il est estimé qu'environ 98 % des plantes de pépinière commercialisées par la distribution spécialisée et la grande distribution sont des plantes en conteneurs. Parmi celles-ci, environ 65 % sont des plantes en conteneurs de 3 litres et 4 litres. De ce fait, **les systèmes de culture et les itinéraires techniques étudiés dans ce programme concerneront ce créneau de production des arbustes en conteneur de 3 ou 4 litres.**

La production d'un arbuste peut être découpée en 2 phases successives qui sont la phase de multiplication (pour produire un jeune plants à partir du bouturage) et la phase d'élevage qui vise à produire une plante commercialisable à partir du jeune plant ou une plante repotable en plus gros conteneur. Cette phase peut être suivie, selon les espèces d'une phase de forçage. Ces phases correspondant à des métiers et des conditions de culture différents, nous retiendrons seulement pour cette étude la **phase d'élevage**. Pour des arbustes élevés en conteneur de 3 ou 4 litres, **cette phase dure en générale de 1 voire 2 ans** pour les espèces à croissance lente.

Les premières réflexions qui ont été menées laissaient penser que **pour l'évaluation d'itinéraires techniques s'inscrivant dans une démarche agroenvironnementale, il semblait opportun de s'intéresser plus particulièrement à la plante dans son système de culture, c'est-à-dire, au système qui intègre le type d'aire de culture, le contenant, le substrat, la fertilisation, l'irrigation, le désherbage et la plante en prenant en compte les interactions entre les différents facteurs de production.**

Il semblait préférable de mener cette réflexion à l'échelle de la parcelle et de ses abords qui semblent être adaptés à l'objectif d'évaluation d'itinéraires et de systèmes de culture pour une production spécialisée comme l'est la production de plantes en conteneurs.

S'intéresser à cette question à l'échelle de l'exploitation ne paraissait pas nécessaire et trop complexe au départ de cette étude. Toutefois, le travail réalisé avec un groupe de pépiniéristes nous a amené à considérer que certains impacts environnementaux (comme l'impact du désherbage des cultures ou des abords sur la

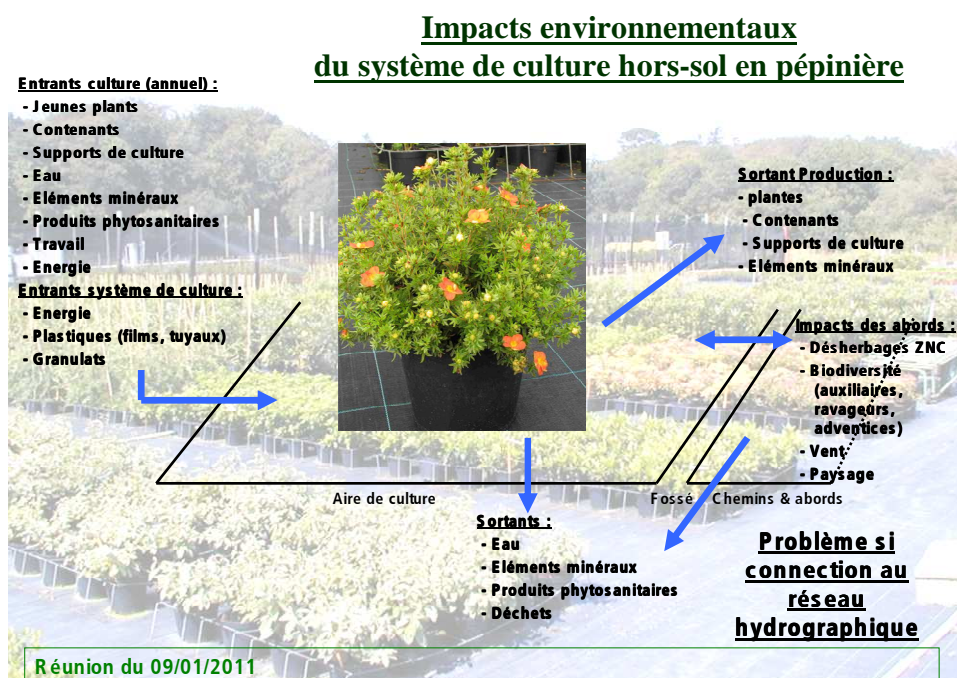
qualité de l'eau) sont très liés à l'exploitation, à sa topologie et à ses connexions avec le réseau hydrographique. De plus, pour certains de ces impacts, les solutions à trouver sont à réfléchir au niveau de l'exploitation et pas seulement de l'unité parcellaire.

- o Quelles seront les issues du programme ?

Les issues de ce projet pourront être d'une part, une méthode d'évaluation permettant de comparer des itinéraires techniques à destination d'expérimentateurs ou de techniciens et d'autre part, des préconisations pour bâtir des itinéraires techniques permettant d'avoir une meilleure intégration environnementale des productions.

4.6. – Analyse du système de culture étudié et impacts environnementaux à l'échelle de la parcelle

Le système de culture hors-sol en pépinière ornementale peut être représenté par un schéma avec des flux entrants pour le fonctionnement et pour la mise en place des infrastructures et des flux sortants qui sont la production et des rejets vers l'environnement. De plus, un cortège de relation s'établit entre la parcelle cultivée et ses abords (migration de ravageurs, d'auxiliaires, d'adventices...). La gestion de ces derniers peut avoir un impact direct ou indirect sur l'environnement.



Les principaux facteurs de production ont été discutés les uns à la suite des autres lors de la réunion du groupe d'experts du 05/07/2010 afin de préciser les influences de chacun sur l'environnement et la façon dont ils doivent être traités dans ce projet.

a) Les contenants :

- ils participent au produit final
- ils entrent et sortent de l'aire de culture sans impact au niveau du système de culture si ce n'est :
 - * les conteneurs surélevés peuvent nécessiter plus d'irrigation car il y a moins de remontée capillaire par la base du conteneur.
 - * favoriser ou limiter les risques de maladies du système racinaire selon le procédé de drainage et d'évacuation des excès d'eau des conteneurs.
 - * la production de déchets en cas de production non conforme au cahier des charge qualité ou de maladie / mortalité en cours de culture.

Si on s'intéressait à l'impact environnemental du produit tout au long de la filière (pour les aspects carbone, énergie notamment), l'analyse du cycle de vie serait une méthode d'étude plus adaptée. Cette question se pose d'ailleurs

pour tous les intrants. Mais, nous focaliserons plutôt notre réflexion sur les impacts environnementaux du système de culture, en cherchant à minimiser les éléments sortant du système de façon non contrôlée.

b) L'eau

Besoin indispensable des plantes, l'eau est aussi le vecteur de différentes pollutions : éléments fertilisants, pesticides, maladies. Le choix d'un procédé d'irrigation adapté, l'optimisation des apports et la limitation des rejets apparaissent comme des points essentiels d'itinéraires dont l'objectif est de limiter l'impact sur l'environnement. Les aspects à prendre en considération dans une évaluation environnementale sont donc :

- le mode d'irrigation : aspersion (différents types), goutte à goutte, nappe d'irrigation, subirrigation, chariot d'arrosage.
- La conduite des irrigations qui peut être plus ou moins optimisée en fonction du besoin des plantes et plus ou moins automatisée (mais, l'automatisation n'est pas forcément un gage d'optimisation).
- Le traitement et la limitation des rejets.
- La connexion du système de culture au réseau hydrographique : c'est un facteur important mais qui est à voire au niveau de l'exploitation.

Par le passé, il avait été élaboré une méthode automatisé de pilotage des irrigations, la méthode PICEA, fonctionnant à partir des paramètres climatiques de la demande en eau (ETP), d'un coefficient cultural et de la disponibilité en eau du substrat. Il se pose la question de savoir si cette méthode pourrait être utile à notre évaluation environnementale. Toutefois, les coefficients culturaux n'ont été déterminés que pour un petit nombre d'espèces ornementales, pour des volumes de conteneur particuliers et pour un petit nombre de régions françaises.

Actuellement, le procédé d'irrigation le plus utilisé, parce que le moins onéreux en investissement, est l'aspersion sans recyclage. Mais, une grande partie de l'eau apportée se trouve perdue, en particulier, dès que les cultures sont distancées.

Mais, les choix d'un procédé d'irrigation et d'une conduite de l'irrigation sont à déterminer en fonction d'un grand nombre de paramètre : type d'aire de culture, type de contenant, support de culture, exigence de l'espèce cultivée, mode de fertilisation, organisation du travail, possibilité de mécanisation.....

Chaque procédé possède des avantages et des inconvénients qui doivent être pris en compte et cela, à tous les niveaux : technique, qualitatif, phytosanitaire, organisationnel, économique et financier.

Plusieurs techniques apparaissent cependant pour limiter l'impact sur la ressource en eau et améliorer l'efficacité de son utilisation dans nos systèmes de culture :

Techniques	Diminution des volumes d'eau prélevés dans la ressource	Diminution du volume des rejets	Diminution de la charge en éléments polluants des rejets	Remarque
Apport localisé (goutte à goutte, nappe)	X	X		Conséquences sur l'organisation du travail et la mécanisation
Optimisation du pilotage des apports par capteurs et automatisation	X	X	X	
Recyclage	X	X		Influence de la qualité de l'eau. Recyclage difficile avec une eau trop riche en NaCl. Dans ce cas, le stockage d'eau de pluie est recommandé.
Lagunage en bassin végétalisé		X	X	

Stockage d'eau de pluie pour l'irrigation	X			
Hydraulique douce (favoriser infiltrations)		X	X	L'hydraulique douce consiste à favoriser les infiltrations d'eau dans le sol (plutôt que de canaliser), à favoriser le rôle dépolluant du sol et à limiter les connexions avec le réseau hydrographique. Nouvelle conception d'aménagement en zone urbaine.

Au cours de la réflexion, il se dessine 2 premiers schémas par lesquels les impacts sur l'eau pourraient être diminués :

- un système de culture imperméabilisé avec recyclage de l'eau. Dans ce cas, l'irrigation par aspersion peut être utilisée sans problème ainsi que des substrats filtrant sans tourbe avec une faible réserve en eau. Différents degrés d'imperméabilisation peuvent exister.
- Un système de culture avec irrigation par goutte à goutte malgré les contraintes que cela pose pour l'organisation du travail et pour la mécanisation.

Les indicateurs simples à prendre en considération pourraient être :

- le volume d'eau utilisée pendant toute la durée de la culture à l'entrée de la parcelle.
- Le volume d'effluent pendant toute la durée de la culture à la sortie de la parcelle.
- L'efficacité apparente de l'eau : volume d'eau irrigué par plante produite.
- L'efficacité réelle de l'eau : volume d'eau prélevé dans la ressource par plante produite.
- Degré d'étanchéité du système.

Toutefois, certaines de ces variables sont le reflet de la demande climatique en eau et de la variation spatiale et temporelle de cette demande.

Or, Bocstaller C. (2004) signale dans la justification qu'il a réalisé du choix des variables pour la construction de l'indicateur I-PHY concernant les risques pour l'environnement liés à l'utilisation des produits phytosanitaires, qu'il est difficile d'introduire dans la construction d'un indicateur environnementale, une variabilité liée au climat et qu'il peut être préférable de laisser la variabilité interannuelle de côté pour éviter de trop grandes fluctuations. Il s'agit plus d'évaluer le risque potentiel lié à une pratique agricole. La prise en compte des fluctuations climatiques pourrait effacer les progrès liés à l'évolution des pratiques.

c) Eléments fertilisants et fertilisation :

La fuite d'éléments minéraux du système est sans doute un des impacts les plus forts du système de culture sur l'environnement.

Mais, selon le procédé de fertilisation mis en œuvre, les répercussions environnementales pourront être très variables : elles seront très importantes dans le cas de l'utilisation de solution nutritive en aspersion qui sera la technique la plus défavorable. Ces répercussions seront plus maîtrisées dans le cas de l'utilisation d'engrais à libération programmée avec fractionnement des doses au cours du cycle de culture ou dans le cas d'utilisation de solution nutritive au goutte à goutte. L'interaction avec le procédé d'irrigation et la conduite des arrosages sont très importante puisque l'eau est le vecteur des éléments minéraux.

L'interaction avec le substrat sera également non négligeable. Les substrats très drainant avec une faible CEC engendreront un lessivage plus important si la conduite des irrigations et de la fertilisation sont inadaptés.

Les références de mesure du lessivage et de fuite des éléments fertilisants sont cependant peu abondantes.

L'évaluation des impacts liés à la fertilisation devra tenir compte :

- du mode d'irrigation.
- du substrat (CEC, dose d'irrigation).
- du type d'engrais : engrais soluble en solution nutritive, engrais à libération programmée, engrais à libération lente ou engrais organique
- des doses ou concentration utilisées.

- du fractionnement des apports.
- Il semble difficile de tenir compte des exigences des espèces car la diversité est trop importante et les besoins peu connus. On dispose seulement de référence d'utilisation pour quelques grandes gammes d'espèces (plantes exigeantes, plantes moyennement exigeantes, plantes sensibles aux excès de sels....)

L'utilisation d'engrais à libération programmée semble cependant être la technique à privilégier dans un itinéraire à faible impact environnemental. Malgré tout, selon les marques d'engrais, les durées de libération, les dosages et les fractionnements utilisés, il pourrait exister des variations non négligeables dans les quantités d'éléments fertilisants lessivés. Certaines références montrent que dans un schéma de référence, 20 % des éléments fertilisants sont lessivés.

Des pistes sont discutées pour améliorer l'efficacité de la fertilisation afin d'en diminuer le coût économique et d'en limiter au maximum l'impact environnemental. Ces pistes sont notamment :

- de travailler sur le choix des composés intervenant dans les substrats de façon à trouver un meilleur compromis au niveau de capacité d'échange et de fixation des éléments minéraux et des caractéristiques physiques du substrat. Mais, une bonne aération pour éviter les problèmes d'asphyxie racinaire et parasitaire reste indispensable.
- de travailler sur l'incorporation de composés comme les argiles, des amendements organiques ou d'autres familles de produits qui ont une forte capacité d'échange cationique et qui pourraient être ajoutés en quantité modérée au substrat.
- d'optimiser la fertilisation par rapport aux exigences des espèces cultivées et de l'itinéraire de culture (type de jeune plant, calendrier de culture notamment) en terme de type d'engrais et de durée de libération, de dose et de positionnement du ou des surfaçages (fractionnement).
- de travailler sur l'optimisation de l'irrigation puisque ce facteur intervient dans le lessivage.

Dans une expérimentation visant à mesurer le lessivage des éléments fertilisants, il ne sera pas nécessaire de s'intéresser à tous les éléments mais seulement à l'azote, au phosphore, et à la salinité totale. Cette quantification doit se faire en continu de façon à obtenir une cinétique du lessivage. Les exportations doivent être mesurées en tenant compte des déchets de taille.

d) Le substrat

Comme pour les contenants, le substrat participe au produit final. Il entre sur l'aire de culture au moment du repotage et en sort lors de la commercialisation des plantes mais le substrat a un impact environnemental dans la mesure où ils influencent la conduite des irrigations et le lessivage des éléments minéraux par ses caractéristiques physiques et chimiques.

De même et comme pour tous les intrants, l'analyse du cycle de vie serait une méthode d'étude plus adaptée si on s'intéressait à l'impact environnemental du produit tout au long de la filière (pour les aspects carbone, énergie notamment). Mais, notre objectif est d'évaluer les impacts environnementaux du système de culture et de chercher à minimiser les éléments sortant du système de façon non contrôlée.

Les aspects du substrat qui nous concernent par rapport à notre problématique d'évaluation environnementale sont notamment :

- la capacité d'échange cationique (CEC).
- la réserve hydrique.
- l'aération.
- la mouillabilité.

Mais, un pilotage fin de l'irrigation et de la fertilisation peut compenser une CEC et une réserve hydrique un peu limite.

La qualité du substrat intervient également dans la qualité finale du produit et sur les aspects sanitaires. Or, toute amélioration du taux de récolte va diminuer la production de déchets du système.

Les caractéristiques citées ci-dessus sont très liées aux composés servant à la fabrication du substrat.

La tourbe et les écorces sont les composés les plus employés pour la fabrication des substrats de pépinière. L'utilisation de la tourbe est très critiquée par les environmentalistes du fait de l'exploitation minière des tourbières. Mais, la filière réfléchit à des méthodes plus durables de culture des tourbières. Malgré tout, la tourbe reste très intéressante du fait de sa CEC, moyenne mais supérieure à celle de bien d'autres composés et de sa

réserve hydrique. Des produits de substitution existent comme la fibre de coco, la fibre de bois mais leur caractéristiques physique et chimique ne sont pas forcément les plus intéressantes.

A priori, nous devons surtout veiller à ce que des produits de substitution n'aient pas un impact environnemental plus négatif que la tourbe. Par exemple, le bilan carbone de la tourbe blonde est estimé à 100 g /m³, celui de la fibre de coco provenant d'Afrique par bateau est estimé à 40 g /m³.

Quelques remarques sont à prendre en considération :

- les producteurs biologiques de plantes aromatiques veulent de la fertilisation organique et se fichent de savoir s'il y a de la tourbe ou non dans le substrat.
- Des substrats sans tourbe ne sont demandés par quelques rares producteurs.
- Certains composés comme la fibre de coco peuvent avoir de l'intérêt malgré leur faible CEC car ils favorisent la remouillabilité du substrat même à faible %.

Pour des itinéraires dont on veut maîtriser l'impact environnemental, plusieurs options se dessinent :

- en système recyclé et imperméabilisé, l'utilisation d'un substrat relativement drainant avec un % de tourbe moyen ou faible ne pose pas de problème environnemental a priori.
- En système non recyclé : on recherchera un substrat plus rétenteur avec une CEC élevé, c'est-à-dire, soit un substrat riche en tourbe, soit un substrat enrichi par un améliorateur de CEC ou dont la porosité a été diminué.
- Dans tous les cas, on cherchera à améliorer la remouillabilité.
- on recherchera également un substrat adapté à la production de végétaux de la qualité souhaité afin d'obtenir un taux de récolte maximum et diminuer la production de déchets liés aux plantes non commercialisées.

e) Le type d'aire de culture :

C'est un point important du système. Elle peut être plus ou moins imperméabilisée. Elle doit impérativement être damée et nivelée avec une pente régulière pour éviter les stagnations d'eau très préjudiciable au niveau de la conduite de l'irrigation et au niveau sanitaire.

Le matériau support influence les volumes d'eau irriguée dans la mesure où il va stocker plus ou moins d'eau et favoriser ou non les remontées capillaires de l'eau par la base des conteneurs.

Les aires imperméabilisées permettent une récupération des eaux d'irrigations apportées en excès et des effluents de drainages, limite l'emploi d'herbicide pour leur entretien puisque les adventices ne peuvent pas s'y développer. Mais, en contrepartie, elles imposent une gestion des écoulements d'eau dont les volumes peuvent être conséquents au niveau d'une exploitation. Dans ce cas de figure, le désherbage chimique des conteneurs peut avoir des conséquences environnementales non maîtrisées, en particuliers dans le cas de culture distancées.

A l'inverse, avec des aires non-imperméabilisées (gravillonnées), on favorise la pénétration de l'eau dans le sol et on limite les problèmes de gestion des écoulements au niveau de l'exploitation. Elles nécessitent des désherbages supplémentaires d'entretien pour les garder propres. Mais, le sol joue alors un rôle épurateur qui n'est sans pas à négliger.

Les choix fait au niveau des aires de culture peuvent se répercuter à l'échelle de l'exploitation avec des impacts plus ou moins important en fonction de la topographie et de la connexion au réseau hydrographique.

f) Le désherbage

Comme cité précédemment, le risque de transfert d'herbicides vers les eaux du réseau hydrographique ne sont pas à négliger. Mais, très peu de références sont disponibles en pépinière hors-sol en ce qui concerne les impacts environnementaux de ce facteur de production. Toutefois, il est nécessaire de prendre en considération que le développement inconsidéré d'une flore adventice peut entraîner des coûts extrêmement importants de sarclage manuel, de perte de qualité et de désorganisation de la pépinière toujours très préjudiciable pour l'entreprises.

Les aspects à prendre en considération dans une évaluation environnementale sont a priori :

- l'utilisation d'herbicide : les produits, les doses, les fréquences d'application et le fractionnement.
- Les conditions culturales : le distançage des plantes, l'importance du feuillage, l'espèce (effet parapluie ou entonnoir du feuillage), le type de substrat, le mode d'irrigation.
- Le type d'aire de culture (imperméabilisée ou non).
- La connexion au réseau hydrographique, la présence de dispositifs limitant cette connexion.
- La mise en œuvre de techniques alternatives au désherbage : paillages, disques.

Les techniques alternatives se développent de plus en plus en production. Près de 50 % des producteurs pourraient les utiliser. Elle joue également un rôle sur l'irrigation en limitant l'évaporation et en augmentant le volume de substrat exploité par les racines.

g) Les abords de la parcelle :

Ils sont constitués par des fossés, des chemins, des haies des zones non cultivées, végétalisées ou non. Ils interviennent sur plusieurs aspects :

- la présence d'adventices est souvent le point de départ de la colonisation des cultures par les mauvaises herbes.
- Ils peuvent être des repaires pour la microfaune auxiliaire naturelle à condition que l'environnement soit favorable (végétation diversifiée....) mais aussi pour les ravageurs.
- Les haies constituent une protection contre le vent.

4.7. – Analyse du système étudié et de ses impacts environnementaux à l'échelle de l'exploitation

Le travail réalisé avec un groupe de pépiniéristes et qui a été synthétisé lors d'une réunion le 19/01/2011 a montré que la préoccupation prioritaire des producteurs était celle de l'impact de leurs pratiques sur la qualité des eaux de surface et principalement à travers les risques liés aux aspects techniques suivants :

- le désherbage des cultures, notamment avec la question de l'imperméabilisation des aires de cultures.
- l'entretien des abords, en particulier parce que de nombreux dispositifs pour favoriser l'écoulement de l'eau bordent les aires de cultures. Or, ils pourraient être considérés comme des fossés alors que les adventices ne doivent pas s'y développer. Cet aspect prend une dimension importante car il est très lié à la conception des pépinières.
- la fertilisation des cultures.

Lors de ces discussions, il est apparu également que ces aspects sont à traiter à 2 niveaux d'échelles :

- au niveau des parcelles de culture, c'est-à-dire au niveau de l'aire de culture associée à l'itinéraire technique mis en œuvre pour une production donnée. Ce niveau correspond à celui étudié par le groupe d'experts dont il est fait mention au chapitre 4.6.
- au niveau des exploitations : notamment parce que la topographie, les réseaux d'écoulement d'eau et les connexions au réseau hydrographique et donc les risques d'impacts environnementaux sont propre à chaque exploitation. De ce fait, certaines pratiques pouvant impacter fortement l'environnement comme le désherbage des chemins et des abords sont plus à évaluer à ce niveau d'échelle. De plus, des actions correctives peuvent être menées au niveau des exploitations et pas seulement au niveau des aires hors-sol et des itinéraires de culture pour limiter ces impacts environnementaux. C'est le cas des dispositifs comme les bandes enherbées, les espaces de rétention, les bassins filtrants pour limiter la connexion au réseau hydrographique, la mise en œuvre d'une gestion différenciée pour les zones non cultivées de l'exploitation, la conception de la pépinière et des infrastructures.

Ces réflexions engagées par des producteurs sont liées notamment au durcissement des contraintes réglementaires et à une évolution de la demande intéressée par la mise en œuvre de démarches agro-environnementales au niveau de la production.

Suite à différentes discussions avec des producteurs, les pistes listées ci-dessous ont été envisagées.

Ces solutions sont basées sur la déconnection des flux d'eau issus de la pépinière du réseau hydrographique, sur la limitation de recours aux herbicides pour l'entretien des cultures et des zones non cultivées de la pépinière et sur la limitation des fuites d'éléments fertilisant tout en disposant d'installation procurant une bonne performance technique, organisationnelle (possibilité de mécanisation notamment) et économique

4.7.1) Au niveau de la conception et de l'aménagement des pépinières :

Plusieurs voies sont possibles. Mais, certaines d'entre elles font appel à des investissements très importants qu'il est nécessaire de préciser dans le cadre global de la stratégie de l'entreprise.

a) Artificialisation maximum de la pépinière pour ne laisser aucune place possible aux adventices. En contrepartie, l'imperméabilisation des structures oblige à prévoir des dispositifs adaptés pour les écoulements d'eaux.

b) Adopter les principes de l'hydraulique douce pour favoriser les infiltrations d'eau dans le sol et utiliser le pouvoir dépolluant du sol : par la mise en œuvre de tranchées drainantes, de chemins avec caillebotis ou supports poreux, de bassins filtrants, d'espace de rétention et de prairies inondables.

c) Le recyclage et le stockage de l'eau : pour limiter les fuites des rejets vers l'environnement et les réutiliser. Le stockage joue également un rôle de dilution. Toutefois, en hiver, la collecte d'eau de pluies est supérieure au besoin.

d) Le lagunage et les bassins végétalisés.

e) Les bandes enherbées le long des cours d'eau.

4.7.2. - Au niveau de la lutte contre les adventices dans les zones non cultivées :

Les principes de la gestion différenciée pourraient être appliqués pour gérer l'enherbement des zones non cultivées présentes sur l'exploitation. Cette gestion différenciée consiste à pratiquer un entretien adapté des espaces selon leurs caractéristiques et leurs usages. On n'applique pas à tous les espaces la même intensité ni la même nature d'entretien. Il s'agit de définir sur l'exploitation les zones à risques pour lesquelles des méthodes alternatives au désherbage chimique seront mises en place pour lutter contre les adventices.

Pour diminuer l'usage d'herbicide, un certain nombre de techniques ont été expérimentées en milieu urbain et dans le domaine du paysage. Certaines d'entre elles pourraient s'appliquer sur les zones non cultivées présentes dans les pépinières et dont la surface n'est souvent pas négligeable.

a) Méthodes préventives :

- plantes couvre sol.
- engazonnement par gazon à croissance lente ou mélanges fleuris.

b) Méthodes alternatives curatives :

- désherbage thermique,
- désherbage à l'eau chaude, à la vapeur,
- désherbage mécanique,
- désherbage chimique avec détection de la végétation par capteur.

Mais, ces méthodes alternatives ont un coût supérieur au coût du désherbage chimique. Le changement de pratique doit donc être accompagné d'une modification de la gestion des espaces pour ne pas modifier le coût global d'entretien.

4.7.3. - Au niveau de la lutte contre les adventices dans les cultures :

Les paillages et les disques sont devenus des alternatives crédibles au désherbage chimique de nombreuses cultures même si elles sont souvent plus coûteuses que ce dernier.

Selon la conception de la pépinière et sa connexion au réseau hydrographique, les techniques de désherbage devront être plus ou moins adaptées.

4.7.4. - Au niveau de la fertilisation les cultures :

L'utilisation de solution nutritive pour les systèmes avec irrigation par aspersion est en très fort recul dans les exploitations.

Il a été montré que la technique préférable du point de vue de l'environnement était l'utilisation d'engrais à libération programmée avec fractionnement. Des améliorations doivent cependant être apportées pour limiter le lessivage des éléments fertilisants et améliorer l'efficacité de la fertilisation. Les pistes envisagées sont celles évoquées avec les experts (Cf chapitre 4.6.c.).

4.7.5. - Mise en place d'une démarche simple d'amélioration au niveau des exploitations

La méthode proposée consiste à

- évaluer les risques pour chaque exploitation car les conditions topographiques, les systèmes de culture existants, les connexions au réseau hydrographique sont à identifier au cas par cas.
- définir un plan d'action pluriannuel.
- le mettre en œuvre :
 - o en adoptant les principes de la gestion différenciée.
 - o par des aménagements sur l'exploitation
 - o par des méthodes préventives pour limiter le développement des adventices.
 - o par des méthodes curatives non chimiques pour les détruire.
 - o en limitant dès que possible le recours aux herbicides.
- En consignait sur un document la démarche de progrès qu'on a adopté notamment en listant les actions prévues et réalisées et en cartographiant l'exploitation pour recenser les zones à risques, les zones non désherbées, les aménagements réalisés....

L'intérêt du travail réalisé avec ce groupe de producteurs est qu'il a permis de prendre conscience de l'importance du changement d'échelle pour limiter les risques environnementaux puisqu'un certain nombre de solutions peuvent être mises en place au niveau de l'exploitation pour limiter les risques environnementaux liés à des itinéraires de cultures mis en œuvre aux niveaux de parcelles cultivées. La connexion ou déconnexion de la pépinière par rapport au réseau hydrographique situé en aval de cette pépinière est un facteur très important à prendre en considération pour la question des répercussions environnementales sur les eaux de surface.

Toutefois, les répercussions des pratiques sur les eaux profondes ne sont pas à négliger non plus car il ne s'agit pas, en modifiant des pratiques, de substituer des impacts par d'autres. Par exemple, le choix de réaliser une culture hors-sol sur une aire imperméabilisée oblige à gérer des flux d'eau important et accroît les risques de pollution des eaux de surface alors que la culture sur une aire perméable permet l'infiltration de l'eau en excès, limite la gestion des flux vers les eaux de surface et donc les risques pour ce compartiment mais accroît les risques de pollution des eaux profondes.

4.8. – Bilan des impacts environnementaux et matrice techniques culturales – impacts environnementaux

L'analyse du système de culture au niveau de la parcelle et au niveau de l'exploitation montre donc que:

- le nombre de facteurs de production intervenant dans la production de plantes en conteneur est élevé.
- Et pour chaque facteur de production, les techniques utilisables sont très variées.

Il en résulte un très grand nombre d'itinéraires de culture possibles. Au niveau de la production, on retrouve d'ailleurs cette très large diversité.

Le tableau n°1 synthétise d'une façon générale les impacts environnementaux de la production d'arbustes en conteneur.

Tableau n°1 : Liste des impacts environnementaux possibles en pépinière ornementale hors-sol

(échelle : système de culture et itinéraire)

Pratiques, postes	Emissions / Consommation	Impacts environnementaux
Aires de culture	Artificialisation du milieu Production de déchets (films plastiques, bâches)	Perte de surface en écosystème naturel Effet sur paysage Effet sur la biodiversité sauvage Production de déchets
Contenant	Production de déchets	Production de déchets
Irrigation	Prélèvement sur la ressource Rejet d'eau possédant une charge polluante (N, P, résidus de pesticides, matières organiques)	Consommation d'eau prélevée sur la ressource Qualité de l'eau et eutrophisation du milieu aquatique Emission de polluants
Fertilisation	Rejet d'eau possédant une charge polluante (N, P)	Qualité de l'eau et eutrophisation du milieu aquatique Consommation de ressources non renouvelables
Substrat	Rejet d'eau possédant une charge polluante (matières organiques). Production de déchets	Qualité de l'eau et eutrophisation du milieu aquatique Consommation de ressources renouvelables et non renouvelables Production de déchets
Désherbage	Rejet d'eau possédant une charge polluante (résidus de pesticides) Pollution atmosphérique	Qualité de l'eau et eutrophisation du milieu aquatique Emission de polluants
Protection phytosanitaire	Pollution atmosphérique Rejet d'eau possédant une charge polluante (résidus de pesticides) Dangers pour l'applicateur Danger pour les auxiliaires naturels	Emission de polluants Qualité de l'eau et eutrophisation du milieu aquatique Toxicité potentielle Effet sur la biodiversité sauvage
Energie	Consommation d'énergie	Emission de gaz à effet de serre (CO ₂) et changement climatique

Les principaux impacts environnementaux du système de culture pépinière hors-sol portent donc sur :

- Consommation d'eau prélevée sur la ressource,
- La qualité de l'eau et l'eutrophisation du milieu aquatique,
- Consommation de ressources renouvelables et non renouvelables
- L'émission de gaz à effet de serre et le changement climatique
- Production de déchets
- L'émission de polluants
- Perte de surface en écosystème naturel
- Effet sur le paysage
- Effet sur la biodiversité sauvage
- Dangers pour l'utilisateur liés à l'utilisation de pesticides

Une matrice des principaux impacts pour l'ensemble des techniques les plus couramment mises en oeuvre en production d'arbustes en conteneur de 3 ou 4 litres est présentée dans le tableau n°2 (annexe n°1).

Parmi les différents impacts, ceux sur la qualité de l'eau sont assurément ceux à prendre en compte de manière privilégiée dans une démarche d'évaluation environnementale car de nombreuses techniques interviennent sur cet aspect notamment celles qui concernent l'irrigation, la fertilisation et le désherbage des cultures et des abords, la gestion des rejets.... On observe que des différences importantes du point de vue environnemental peuvent exister entre les différentes pratiques concernant un facteur de production. Par ailleurs, le fait qu'une réglementation contraignante sur l'eau s'applique aux producteurs impose que la méthode d'évaluation qui sera mise au point tienne compte des répercussions des techniques sur les prélèvements et sur qualité de l'eau.

4.9. – Prises en compte des interactions entre facteurs de production pour l'évaluation environnementale

Pour tenir compte des interactions entre les facteurs de production qui existent dans le cadre d'un itinéraire technique, les tableaux n°3 et 4 ont été élaborés.

Le tableau n°3 page suivante, illustre la compatibilité entre elles des techniques les plus courantes en matière d'irrigation, de type de substrat, de procédé de fertilisation et de mode désherbage qui sont utilisées en culture d'arbustes en conteneur. Ce tableau permet de voir quelles sont les techniques qui ne sont pas compatibles entre elles du point de vue technique et de leur mise en œuvre (pour des raisons physique, pratiques ou économiques).

Le tableau n° 4 permet quand à lui de visualiser au regard des connaissances actuelles, la compatibilité du point de vue de l'impact sur l'environnement des combinaisons de techniques les plus couramment utilisées ou envisageables en matière d'irrigation, de type de substrat, de procédé de fertilisation et de mode désherbage dans les itinéraires de culture en production d'arbustes en conteneur.

Ainsi, la mise en œuvre d'une fertilisation par solution nutritive ou du désherbage chimique pourront avoir des conséquences environnementales assez négatives sur la qualité de l'eau si on utilise de l'irrigation par aspersion dans un système ouvert, sans recyclage. Par contre, la mise en œuvre du recyclage des rejets permet de limiter très fortement cet impact environnemental.

Tableau n°3 : Compatibilité des techniques entre elles par rapport à leur mise en œuvre et aux conséquences sur la qualité et la productivité des cultures

		Système ouvert (non recyclé)									
		Technique d'irrigation									
		Aspersion			Goutte goutte			Nappe d'irrigation			
		Désherbage			Désherbage			Désherbage			
Type de substrat		Type de fertilisation	Chimique	Paillage	Disque	Chimique	Paillage	Disque	Chimique	Paillage	Disque
			Type de substrat	très drainant	Engrais à libération programmée	h	h	a,h	h	h	b
Mixte	h	h			h	h	h	h	c,d,f,g	c,f,g	c,f,g
Solution nutritive	h	h			h	h	h	h	c,d,f	c,f	c,f
Moyen	Engrais à libération programmée				a			b	d,e,f	e,f	e,f
	Mixte								c,d,f	c,f	c,f
	Solution nutritive								c,d,f	c,f	c,f
Très tourbeux	Engrais à libération programmée	i		i	a	i	i	b	d,e,f	e,f	e,f
	Mixte	i		i	i	i	i	i	c,d,f	c,f	c,f
	Solution nutritive	i		i	i	i	i	i	c,d,f	c,f	c,f

	Compatible
	Quelques restrictions d'usages
	Peu compatible
	Incompatible

- a Surfaçages et disques sont peu compatibles sauf à utiliser des engrais non enrobé (durée moins longue).
- b Surfaçages et disques sont peu compatibles sauf à utiliser des engrais non enrobé (durée moins longue) positionnés sous le goutteur.
- c L'utilisation de solution nutritive entraîne le développement d'algues sur la nappe qui la rend glissante.
- d Désherbage moins nécessaire car la surface du substrat, plus sèche, est moins favorable au développement des adventices.
- e Intérêt si possibilité d'augmenter la dose d'engrais au rempotage avec des durées de libération plus longue pour ne pas avoir à surfacier. Mais, la plante doit pouvoir le supporter.
- f Déconseillé pour espèces sensibles aux excès de sel.
- g Un substrat trop drainant est déconseillé car il limite les remontées capillaires.
- h Nécessite une adaptation des apports d'eau et d'éléments fertilisant du fait des faibles réserves en eau et CEC du substrat
- i Un substrat très tourbeux peut être inadapté en pépinière d'extérieure lors de longues périodes pluvieuses

De même, une irrigation par goutte à goutte qui diminue énormément les volumes d'eau consommés et donc la production de rejet, limitera énormément l'impact environnemental de l'utilisation de la solution nutritive, en particuliers avec des substrats possédant suffisamment tourbeux pour avoir une bonne CEC.

Pareillement, l'irrigation par aspersion aura un impact environnemental relativement faible, si ce n'est sur la ressource en eau en zone soumise à des restrictions, lorsqu'on utilise un substrat suffisamment tourbeux et une fertilisation par des engrais à libération programmée ainsi qu'un désherbage par paillage. Le recyclage des rejets permettra de réaliser d'importante économie d'eau.

Par contre, l'utilisation de disque pour le désherbage est peu compatible avec l'utilisation d'engrais à libération programmée car les surfaçages (fractionnement) réalisés en posant un poquet d'engrais en cours de culture à la surface du disque, puisqu'il n'est alors pas possible de le déposer à la surface du substrat, ne sont pas favorable à la libération des éléments fertilisant et l'alimentation de la plante peut être perturbée.

Un travail bibliographique et de synthèse est en cours pour tenter de chiffrer précisément les impacts de chaque technique sur la qualité de l'eau.

Tableau n°4 : Compatibilité environnementale des techniques entre elles

L'association de plusieurs techniques crée-t-elle une interaction favorable ou défavorable du point de vue environnemental ?

Type de substrat		Type de fertilisation	Système ouvert (non recyclé)									Système recyclé								
			Technique d'irrigation									Technique d'irrigation								
			Aspersion			Goutte goutte			Nappe d'irrigation			Aspersion			Goutte goutte			Nappe d'irrigation		
			Désherbage			Désherbage			Désherbage			Désherbage			Désherbage			Désherbage		
			Chimique	Paillage	Disque	Chimique	Paillage	Disque	Chimique	Paillage	Disque	Chimique	Paillage	Disque	Chimique	Paillage	Disque	Chimique	Paillage	Disque
très drainant	Engrais à libération programmée																			
	Mixte																			
	Solution nutritive																			
Moyen	Engrais à libération programmée		a	a																
	Mixte																			
	Solution nutritive																			
Très tourbeux	Engrais à libération programmée		a	a																
	Mixte																			
	Solution nutritive																			

- Situation non mise en œuvre car non favorable du point de vue technique
- Situation favorable d'un point de vue environnemental
- Situation moyennement favorable d'un point de vue environnemental
- Situation peu favorable d'un point de vue environnemental
- Situation défavorable d'un point de vue environnemental
- Association de techniques jugées non utiles

a L'aspect favorable dépend de la disponibilité de la ressource en eau.

4.10. - Elaboration d'indicateurs pour évaluer les impacts sur l'eau en pépinière ornementale (Eaupep)

Il semble que l'utilisation d'indicateurs composites du type de la méthode indigo soit adaptée à l'évaluation des performances environnementales du système de production en pépinière. L'impact environnemental sera estimé à partir de règles formelles prenant en compte des variables du milieu et des pratiques culturales. En effet, face à la diversité des itinéraires de culture qu'il est possible de réaliser dans le système de production étudié et à la diversité des techniques de production horticole, face également à l'imprécision de nombreuses connaissances surtout dans un contexte où les facteurs de production interagissent les uns avec les autres, ce type de méthode d'évaluation pourrait se révéler assez adapté. Ce type d'indicateurs permet en effet d'agrèger des variables de nature différentes. De plus, il ne nécessite pas forcément de recourir à des variables quantifiées, seulement de savoir si la situation est favorable ou défavorable par rapport au risque étudié.

Pour la démarche engagée, il s'agit d'évaluer les risques potentiels liés à un itinéraire de culture car il semble difficile de prendre en compte tous les phénomènes (climatiques notamment) et tous les facteurs qui interviennent tout au long de la durée d'une culture et qui ont des conséquences environnementales. Cette remarque pose aussi la question de savoir comment prendre en compte les phénomènes qui s'établissent dans la durée comme le lessivage des éléments fertilisants. De plus, l'indicateur doit permettre de juger des itinéraires ou des techniques mais ne doit pas être influencé par des situations géographiques, climatiques et régionales.

Démarche à adopter :

- Préciser l'architecture de l'indicateur : va-t-on élaborer un indicateur par pratique (fertilisation, irrigation, désherbage...) ? ou faut-il élaborer un indicateur global pour l'itinéraire technique qui prenne mieux en compte les interactions entre facteur en s'appuyant sur des processus bien identifiés et qui sont essentiels pour gérer les risques environnementaux. Ainsi, pour ce qui concerne le lessivage des éléments fertilisants en culture en conteneur, la question des percolats apparaît comme assez centrale et pourrait servir a priori de base à l'élaboration de règles de décision.
De même, l'indicateur final peut être constitué de plusieurs sous-indicateurs agrégés entre eux.
- Cela pose la question des variables qui seront à utiliser pour élaborer l'indicateur et comment les agréger. Croiser l'ensemble des facteurs et techniques intervenant dans le lessivage des éléments minéraux apportés à la culture aboutirait à de trop nombreuses possibilités qui rendent impossible l'élaboration de règles de décisions sur cette base. Il faut donc préciser quels sont les facteurs les plus importants qui interviennent sur le phénomène étudiés.

Il s'agira donc :

- o identifier des variables et sous variables pertinente et bien caractérisées.
- o hiérarchiser ces variables et définir pour chaque variable son poids par rapport aux autres.
- o Définir des règles de décision et l'échelle de notation correspondante.

Dans un premier temps Il est proposé de construire:

- 1) un indicateur pour la qualité des eaux de surface à partir de 3 modules :**
 - un module concernant les effets de la fertilisation des cultures hors-sol.
 - un module concernant les effets du désherbage des cultures hors-sol.
 - un module concernant les effets du désherbage des abords de la pépinière.
- 2) un module concernant les volumes d'eau prélevés sur la ressource en eau du milieu.**

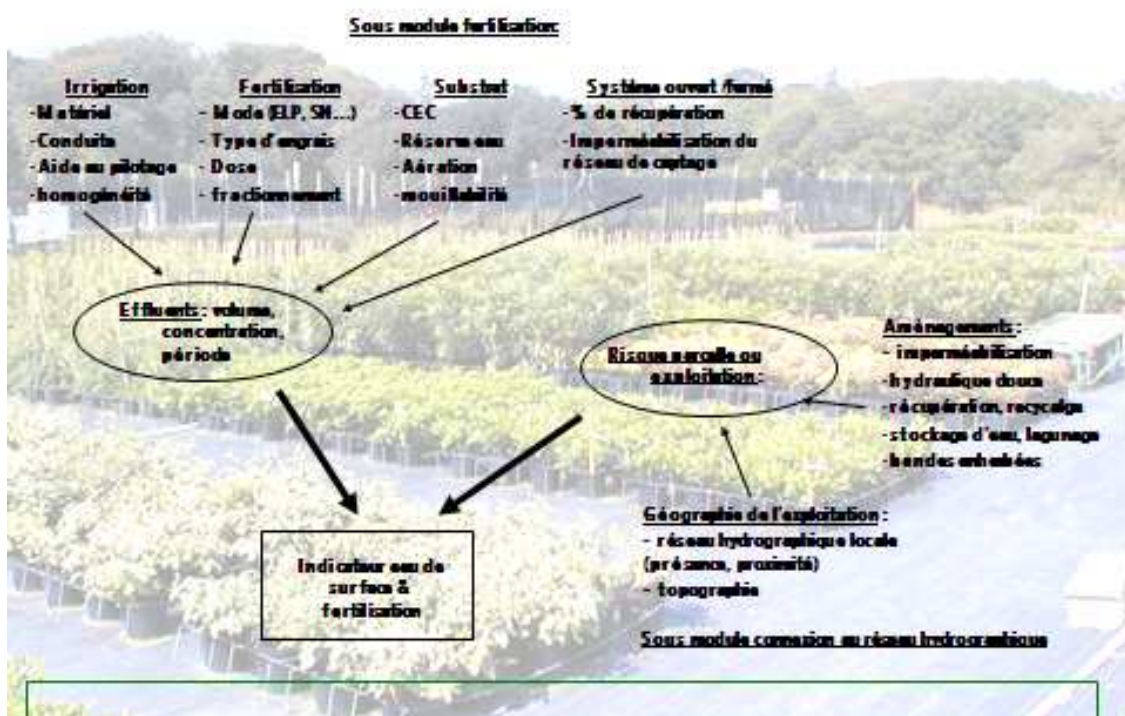
Dans un 2ème temps, il sera envisagé de construire des modules sur la qualité des eaux profondes puisqu'il est nécessaire que l'évolution des techniques n'entraîne pas de substitution d'impact. En effet, si la question de l'imperméabilisation des aires de culture était prise en compte dans le calcul d'un indicateur pour évaluer l'impact de l'itinéraire sur les eaux de surface, cela pourrait se traduire par le développement d'aires plus perméables avec en contrepartie, une accentuation des risques pour les eaux profondes.

Chaque indicateur pourra prendre la forme d'un indice compris entre la valeur 0 (risque maximum) et la valeur 10 (absence de risque). Ces modules pourront ensuite être agrégés pour construire un indicateur synthétique.

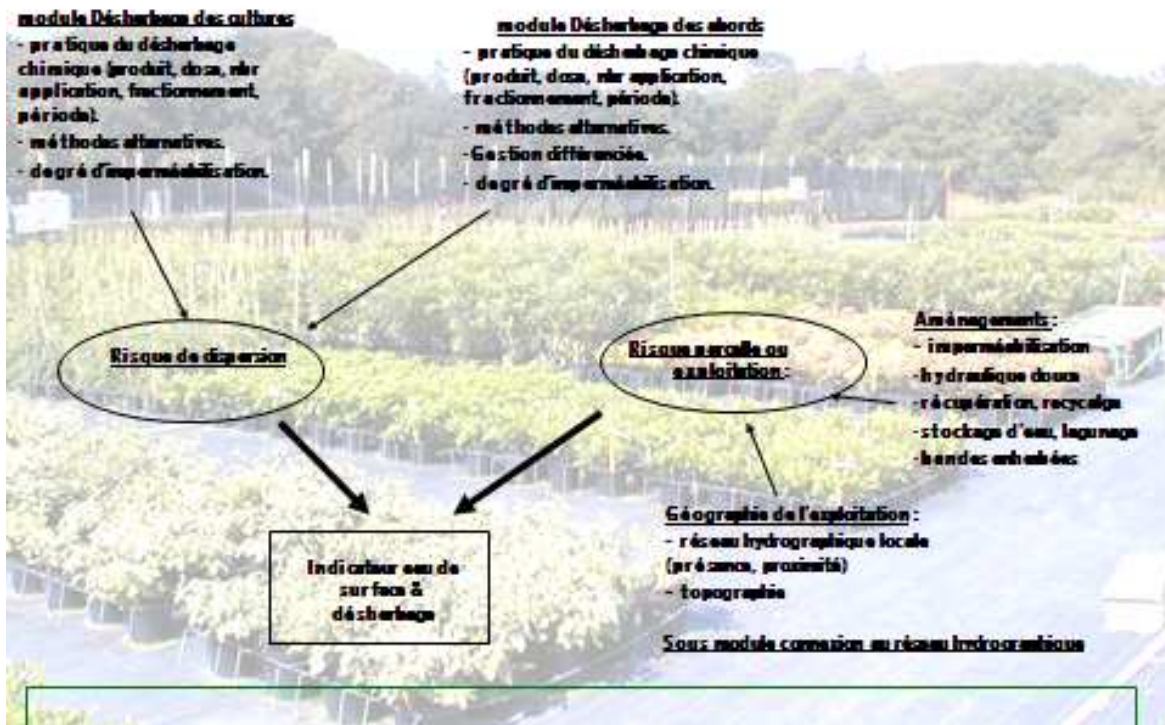
A l'exception du module concernant le désherbage des abords et chemins qui concerne l'exploitation, ces indicateurs sont à concevoir pour être calculé au niveau de la parcelle (l'aire de culture). Pour passer au niveau de l'exploitation, l'indicateur pourra être calculé par une moyenne pondérée des valeurs parcellaires au prorata de la surface de chaque parcelle constituant l'exploitation. Pour passer de la parcelle à l'exploitation, cette méthode de calcul est fréquemment utilisée pour le calcul des indicateurs Indigo (Bocstaller et Girardin, 2008)

Avant cela, l'analyse des connaissances débutée dans les chapitres précédents est à poursuivre pour construire les modules envisagés. Un premier choix de variables a été opéré et est présenté dans les figures pages suivantes.

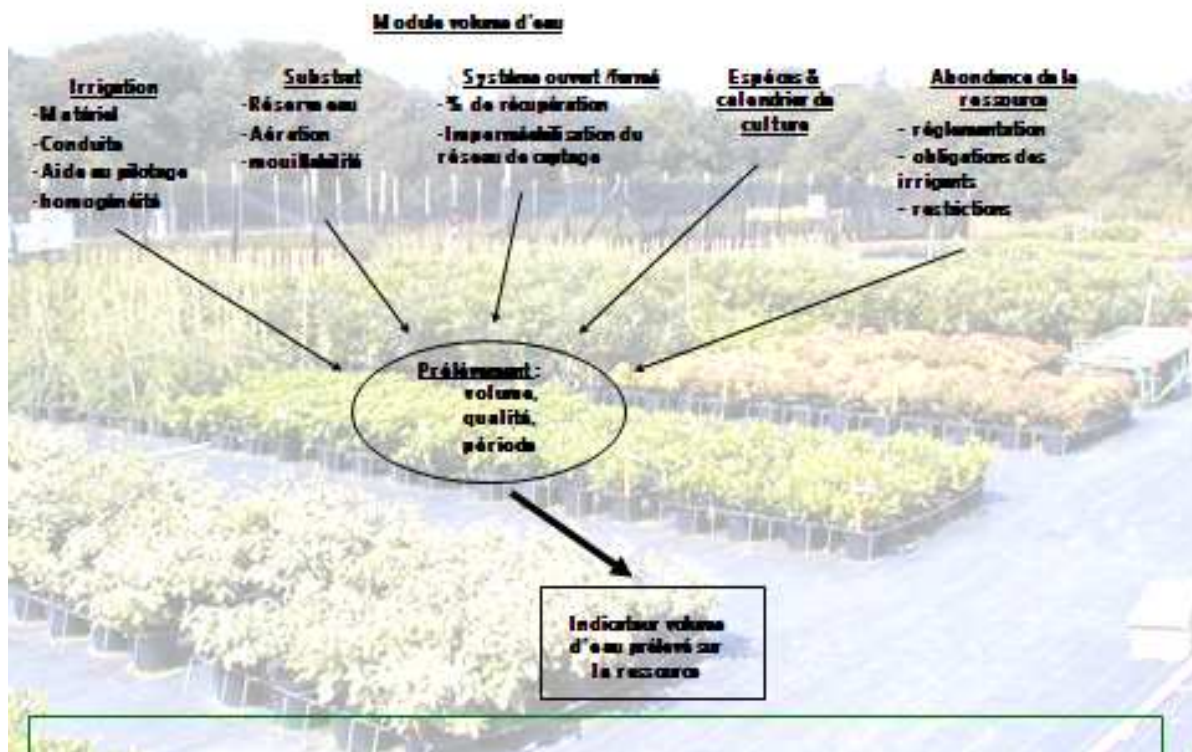
Indicateur Eau de surface – Module fertilisation



Indicateur Eau de surface – Modules désherbage



Indicateur Volume d'eau prélevé



Les variables proposées initialement ont commencé à être rediscutées au cours de la réunion des experts qui a eu lieu le 12/10/2011 de façon à bien déterminer leur intérêt à participer à la construction des différents modules.

4.10.1 – Indicateur Eau de surface – module fertilisation des cultures hors-sol - Analyse et description des variables – processus pris en compte :

Pour construire cet indicateur, il va s'agir de caractériser les effluents produits par le système (dose, concentration, période de production) ou du moins de tenter de prédire les risques de production et de transfert des effluents. Pour ce module fertilisation, l'impact environnemental des effluents va surtout être lié aux flux d'azote et de phosphore. En théorie, ne serait à prendre en considération que les flux d'azote et de phosphore apportés à la culture, l'eau d'irrigation extraite du milieu naturelle, possédant généralement déjà une charge en ces éléments minéraux.

Ces risques peuvent s'évaluer à plusieurs niveaux :

- risque de percolation au niveau des conteneurs.
- risque lié à l'eau d'irrigation non captée par la culture :
- risque de transfert des effluents hors de la parcelle et de l'exploitation, avec une accentuation de l'impact environnementale dans le cas d'une connexion au réseau hydrographique.

a) Risque de percolation au niveau des conteneurs

La percolation au niveau des conteneurs est une source d'effluent. Mais, classiquement en culture hors-sol, pour limiter les effets de l'hétérogénéité du réseau d'irrigation, une légère percolation est recherchée, en particuliers pour les substrats possédant une faible réserve en eau et lorsque le volume de substrat disponible pour la plante est faible. Dans certains cas, pour les espèces sensibles aux excès de sels, cette percolation est aussi recherchée pour limiter la salinité du substrat notamment suite à des libérations excessives d'engrais à libération programmée.

En dehors de ce dernier cas, mais qui est à gérer dans le cadre du pilotage de la fertilisation, on peut estimer en pépinière ornementale hors-sol que réduire la percolation pourrait faire partie des objectifs de la conduite de culture (volume de substrat /plante élevé en début de culture, substrat avec une disponibilité en eau généralement assez élevée).

a1) Variables concernant le substrat :

Les caractéristiques du substrat sont à prendre en considération dans l'analyse du problème.

La capacité d'échange cationique (CEC) du substrat intervient sur la concentration en éléments fertilisant des percolats mais pas sur leur volume. Toutefois, même si une forte proportion de tourbe est un facteur plutôt améliorateur parmi les composés utilisés dans la fabrication des substrats, la CEC des substrats de pépinière est relativement faible par rapport à celle d'un sol. Cette variable ne semble pas être à prendre en compte de façon prioritaire pour construire l'indicateur. De plus, la CEC ne nous informe pas sur le comportement du substrat vis-à-vis des anions.

On estime par contre que le lessivage d'éléments fertilisants est surtout lié aux caractéristiques hydriques du substrat qui vont influencer plus directement le volume des percolats. Les variables les plus intéressantes sont plus particulièrement :

- la 'rétention en eau à pF1' : un substrat très drainant, avec une faible réserve en eau, nécessitera des irrigations à dose faible avec une fréquence élevée et donc, un procédé d'irrigation précis et homogène. Ces conditions sont rarement remplies en pépinière. Lors des irrigations avec ce type de substrat, une dose d'eau forte pour compenser l'hétérogénéité du procédé d'irrigation se traduira par la production d'un percolat. De plus, un tel substrat en condition extérieur va moins bénéficier du pouvoir irrigant de la pluie puisque la réserve d'eau est plus faible. En contrepartie, un substrat avec une rétention en eau élevée risque de devenir asphyxiant à certaines périodes et donc d'entraîner des problèmes phytosanitaires si les régimes des irrigations ou des pluies sont trop abondants. Cette contrepartie suggère que l'utilisation de produits phytosanitaires pour limiter les risques de maladie inhérents à ce type de substrat peut être augmentée. Un facteur correctif en fonction de la disponibilité en air serait à introduire ou du moins prévoir une rétention en eau maximum au-delà de laquelle les risques maladies sont plus élevés et risque d'accroître le recours à une protection fongicide.

- La facilité de réhumectation du substrat semble également être un facteur améliorant pouvant limiter le lessivage, notamment pour certaines pratiques d'irrigation (notamment dans le cas de conduites plutôt sèches pour lesquelles le substrat a plus de mal à se remouiller avec un substrat riche en tourbe). Elle serait donc une variable importante à prendre en compte mais elle n'est pas facilement quantifiable et reste trop difficile à apprécier pour être utilisée directement dans un indicateur. Par contre, elle peut s'apprécier par la composition du substrat où la présence de certains composés (mouillant, fibre de coco, argile ou matière minérale...). Dans les indicateurs Indigo, il est possible d'utiliser des systèmes de bonus /malus pour les variables de ce type (à condition de bien évaluer leur poids par rapport aux autres variables).

Il doit être tenu compte du fait qu'un substrat peut être à risque mais que s'il n'est pas en situation défavorable, le risque ne s'exprime pas.

a2) Variables concernant l'irrigation :

En ce qui concerne l'effet de l'irrigation sur le lessivage des éléments minéraux, les volumes d'eau irrigués (par unité de surface ou par plante) ont peu d'intérêt en tant que tels. Ils reflètent en effet pour partie la demande climatique en eau.

A très court terme, le volume des percolats est lié à l'adaptation de la dose d'irrigations à la disponibilité en eau du substrat. Ce processus pourrait éventuellement se traduire en une règle de décision qui pourrait être la suivante :

Si Dose d'Irrigation > Disponibilité en Eau du substrat → Percolat → impact environnemental

La Disponibilité en Eau du substrat peut être déterminée par analyse physique ou évaluer à partir de sa composition du substrat. Des références existent dans ce domaine. Toutefois, d'un point de vue technique, on considère que dose théorique d'irrigation (= dose stricte d'irrigation) à retenir pour un substrat est plutôt le 1/3 de la Disponibilité en Eau qui semble un compromis acceptable pour le pilotage des irrigations.

Sur un pas de temps plus long, l'adaptation de la dose mais aussi de la fréquence d'irrigation à la disponibilité en eau du substrat sont nécessaires pour limiter les percolats.

La question se pose de savoir s'il est nécessaire d'intégrer le temps au calcul de ces variables. Mais, cela reviendrait à modéliser le système en prenant en compte la demande en eau par la culture et le climat et les apports par l'irrigation ou la pluie pour établir un bilan de la réserve en eau du substrat. Par nécessité de simplification, cette démarche ne sera pas adoptée d'autant qu'il s'agit avant tout d'établir si une conduite d'irrigation est à risque ou non par rapport au lessivage des éléments fertilisants.

Par contre, il pourrait être souhaitable d'introduire une variable qualitative prenant en compte la pertinence de la conduite des irrigations du producteur et de l'optimisation qu'il réalise par rapport aux caractéristiques du substrat.

De même, les effets d'averses ou d'orages qui peuvent être très lessivants ne sont pas à considérer dans la démarche car ils sont trop aléatoires.

En matière d'irrigation, l'homogénéité de l'irrigation, qui est une caractéristique de l'installation d'arrosage, pourrait par contre être à prendre en considération dans l'établissement de l'indicateur car une forte hétérogénéité entraîne souvent des comportements de sur-arrosage pour compenser les manques d'eau à certains endroits de la parcelle.

Pour le risque de percolation au niveau des conteneurs, le procédé d'irrigation (aspersion, goutte à goutte...) n'intervient pas ou peu dans le processus.

Le fait que la culture soit cultivée au démarrage sous abri lorsque le repotage a lieu à l'automne ou en hiver participe à la diminution du risque de lessivage durant cette période.

Le procédé d'irrigation par subirrigation avec une nappe d'arrosage constitue un cas particuliers. En théorie, il n'y a pas de percolation, l'eau remontant par capillarité de la nappe posée au sol vers le substrat. Lors du chargement de la

nappe par l'irrigation, le volume d'eau apporté ne doit cependant pas être supérieur à la capacité de rétention de la nappe, sinon il y a production d'un effluent qui sera chargé en éléments fertilisant si c'est une solution nutritive qui est apportée.

Cette partie irrigation est une dimension très importante de l'indicateur pour évaluer l'impact environnementale de la fertilisation alors que la construction des règles de décision qui y ont trait est assez délicate. Il sera nécessaire de bien tester la sensibilité de cette partie de l'indicateur.

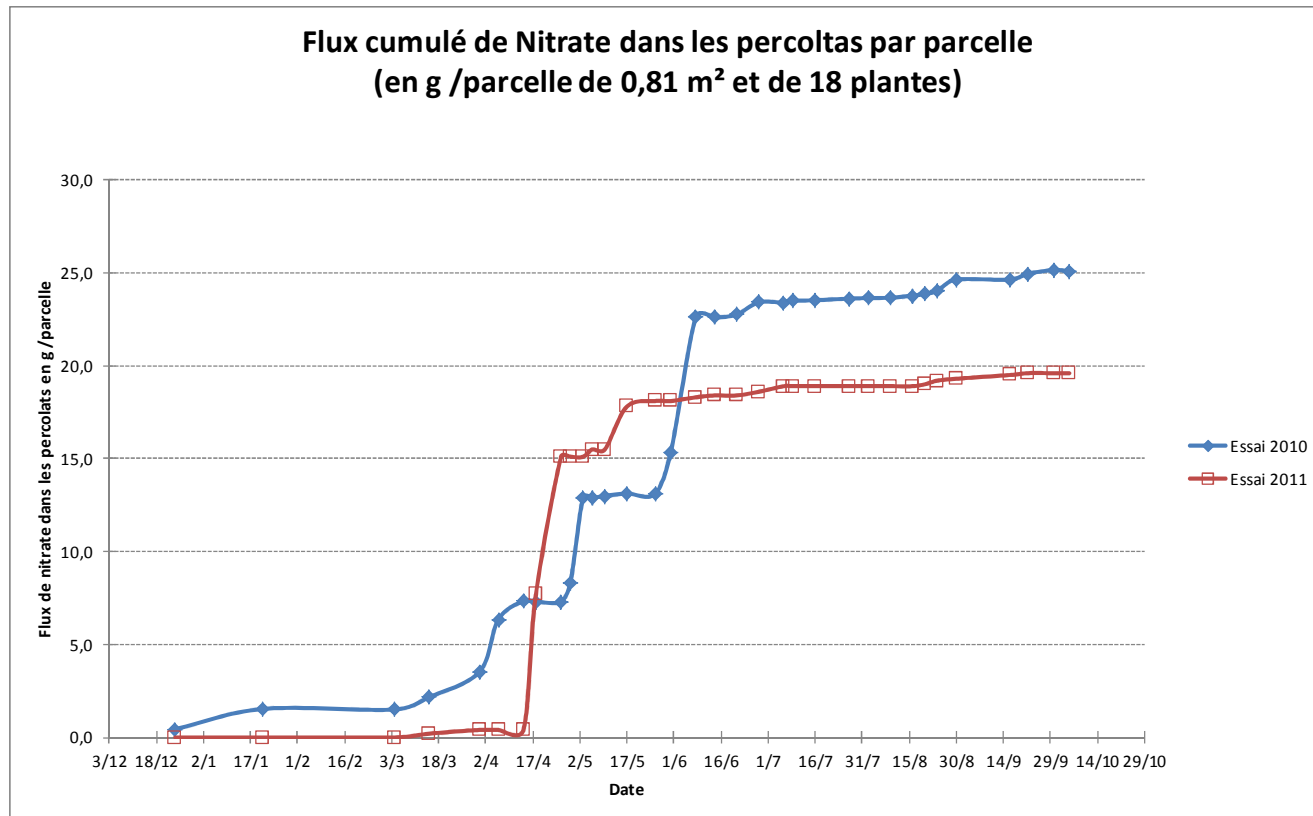
A3) variables concernant les pratiques de fertilisation :

Les pratiques de fertilisation étant très diverses, cet aspect est particulièrement délicat à analyser. Des pertes par volatilisation de l' NH_3 ou par émission de NO_2 sont prises en compte parallèlement au lessivage de l'azote dans l'indicateur Indigo azote pour les grandes cultures (Bockstaller & Al., 2008). Par manque de référence et par souci de simplification, ces pertes seront ignorées dans cette analyse même si les pertes par volatilisation de l' NH_3 existent avec certains engrais possédant une fraction soluble non négligeable.

Le schéma de fonctionnement de l'indicateur Indigo azote pour les grandes cultures (Bockstaller & Al., 2008) est difficilement transposable au cas de la pépinière hors-sol car il fait appel à une logique et à des variables qui ne sont pas adaptées ou pour lesquelles on ne dispose pas de données. De plus, du fait du faible volume de substrat, le lessivage en hors-sol est lié à des phénomènes intervenant sur des pas de temps courts (de la journée à la semaine).

On estime qu'il y aura risque de lessivage lorsque la solution du substrat sera trop chargée en éléments minéraux par rapport aux besoins des plantes.

Des essais réalisés au CATE en 2010 et 2011 montrent que les flux de nitrate dans les percolats de conteneurs possèdent la cinétique décrite dans la figure suivante (dans le cas d'une culture d'Escallonia repotés sous abri à la fin de l'automne ou en hiver puis sortis à l'extérieur au printemps – Arrosage par aspersion – mesure par un dispositif adapté qui isole les percolats des autres flux d'eau)



Pour ces 2 années, les programmes de fertilisation de références étaient légèrement différents au départ :

- en 2010, Osmocote Exact Standard 12-14 mois à 4 kg /m³ au repotage + surfacage mi-juin avec Osmocote Exact Standard 8-9 mois à 3 kg/m³

- en 2011 , Osmocote Exact Standard 12-14 mois à 4 kg /m³ au repotage + surfaçage mi-juin avec Osmocote Exact Standard 8-9 mois à 3 kg/m³.

Bien que les flux d'eau (irrigation, pluies et percolats) soient également assez différents, on retrouve une cinétique assez similaire du flux de NO₃ qui se caractérise par 3 périodes :

- une période de faible lessivage des NO₃ du début de la culture jusqu'à fin mars. La culture, démarrée sous abri, ne subit pas le lessivage dû à la pluie. Les irrigations sont peu nombreuses du fait de la faible demande climatique en eau. Même si la demande des plantes en éléments minéraux reste faible, la libération des engrais reste modérée car les températures sont réduites. La salinité des percolats n'est cependant pas négligeable mais leur volume est faible.

- une période de lessivage plus importante de fin mars jusqu'à mi-juin, liée à l'augmentation de la fréquence des arrosages et aux pluies lorsque les plantes sont sorties à l'extérieur. De plus, la salinité des percolats varie beaucoup alors que les besoins en éléments minéraux des plantes restent limités du fait de leur croissance encore peu importante.

- une période où lessivage devient inexistant et qui intervient ensuite à partir de mi-juin. Bien que les irrigations soient importantes et entraînent un fort drainage, la minéralisation ou la libération de nitrates des engrais s'épuise et la demande des plantes en éléments minéraux devient importante du fait de leur croissance. Les plantes prélèvent alors tout l'azote disponible dans le substrat.

Les différences portent sur l'importance du lessivage lors de la 1^{ère} phase, sur les dates de début et de fin de la 2^{ème} période et sur la quantité de nitrates lessivés au cours de cette 2^{ème} phase.

Ces éléments laissent penser que la période de risques de lessivage se situe dans la première moitié du cycle de la culture.

Cependant, on ne dispose pas des moyens de modéliser ce phénomène. Aussi, pour définir des variables à utiliser dans la construction de l'indicateur, nous nous retroncherons dans l'analyse des pratiques des producteurs, même si ces dernières ont une valeur prédictive certainement plus faible pour prédire le lessivage.

Ainsi, il existe 2 grandes familles de procédés de fertilisation :

- fertilisation avec l'irrigation par des engrais soluble (ES), soit avec des concentrations faibles mais à chaque irrigation, soit avec des concentrations plus fortes mais par intermittences.
- Fertilisation par des apports indépendamment de l'irrigation par des engrais de différentes natures :
 - o Soit des engrais à libération programmée (ELP) dans le temps qui peuvent posséder des durées de libération (de 3 à 12 mois ou plus) et des caractéristiques de libération assez différentes entre les produits et les marques. Ce sont plutôt des engrais de haute technologie avec une libération plutôt maîtrisée dans le temps. Ces engrais sont souvent utilisés en incorporation dans le substrat au repotage.
 - o Soit des engrais à action retardée (EAR) , souvent composé d'azote organique de synthèse (urée formaldéhyde, Crotodur, Isodur...). Ces engrais sont plus utilisés pour réaliser des refertilisation en cours de culture (surfaçage).
 - o Soit des engrais organiques (EO).
 - o Soit des engrais minéraux de type agricole (EA) qui peuvent servir à enrichir le substrat au repotage ou pour accélérer le démarrage des plantes.
 - o Soit des engrais mixtes : organominéraux, mélanges engrais à libération programmée + engrais à action retardée....

La plupart du temps, les programmes de fertilisation sont basés sur l'incorporation d'engrais à libération programmée dans le substrat au repotage et sur un ou des apports complémentaires en cours de culture par surfaçage.

- Fertilisation mixte : engrais à libération programmée incorporé dans le substrat au moment du repotage puis solution nutritive en complément pendant la période de croissance.

Ces engrais se caractérisent avant tout par une disponibilité des éléments fertilisants différente. Pour être présents dans la solution du substrat à un moment donné, les éléments fertilisants apportés par l'engrais devront être selon leur nature, soit libérés (par des processus liés à la température, à l'humidité, au pH), soit dispersés et minéralisés.

Par rapport à ce critère de disponibilité, il est possible de les classer de la façon suivante

Faible disponibilité →→→ forte disponibilité

ELP12-14 mois < ELP8-9 mois < ELP5-6 mois < ELP3-4 mois < EAR, EO < ES, EA

On émet l'hypothèse, qui semble plausible, qu'une forte disponibilité de l'engrais est liée à un risque de lessivage plus important et que les engrais à libération programmée de longue durée qui possèdent une libération mieux maîtrisée seront moins sensibles au lessivage.

D'autres variables sont à prendre en considération pour l'élaboration de l'indicateur :

- Les doses d'engrais utilisées au cours du cycle de culture et cela pour chaque type d'engrais utilisés en tenant compte de leur composition en éléments minéraux et de leur disponibilité. Ces doses sont à rapportées au volume de substrat utilisé /unité de surface cultivée.
- Le fractionnement des apports. On peut considérer que le fractionnement des apports avec en parallèle, l'utilisation d'engrais dont la durée de libération ou la minéralisation est adaptée, va participer à la limitation des problèmes de lessivage. L'apport de solution nutritive en faible concentration à chaque irrigation constitue la méthode de fractionnement la plus ultime. Dans ce dernier cas, la production d'effluent sera fonction de l'adaptation ou non de la dose d'irrigation à la disponibilité en eau du substrat.

A4) variables concernant le type de conteneur :

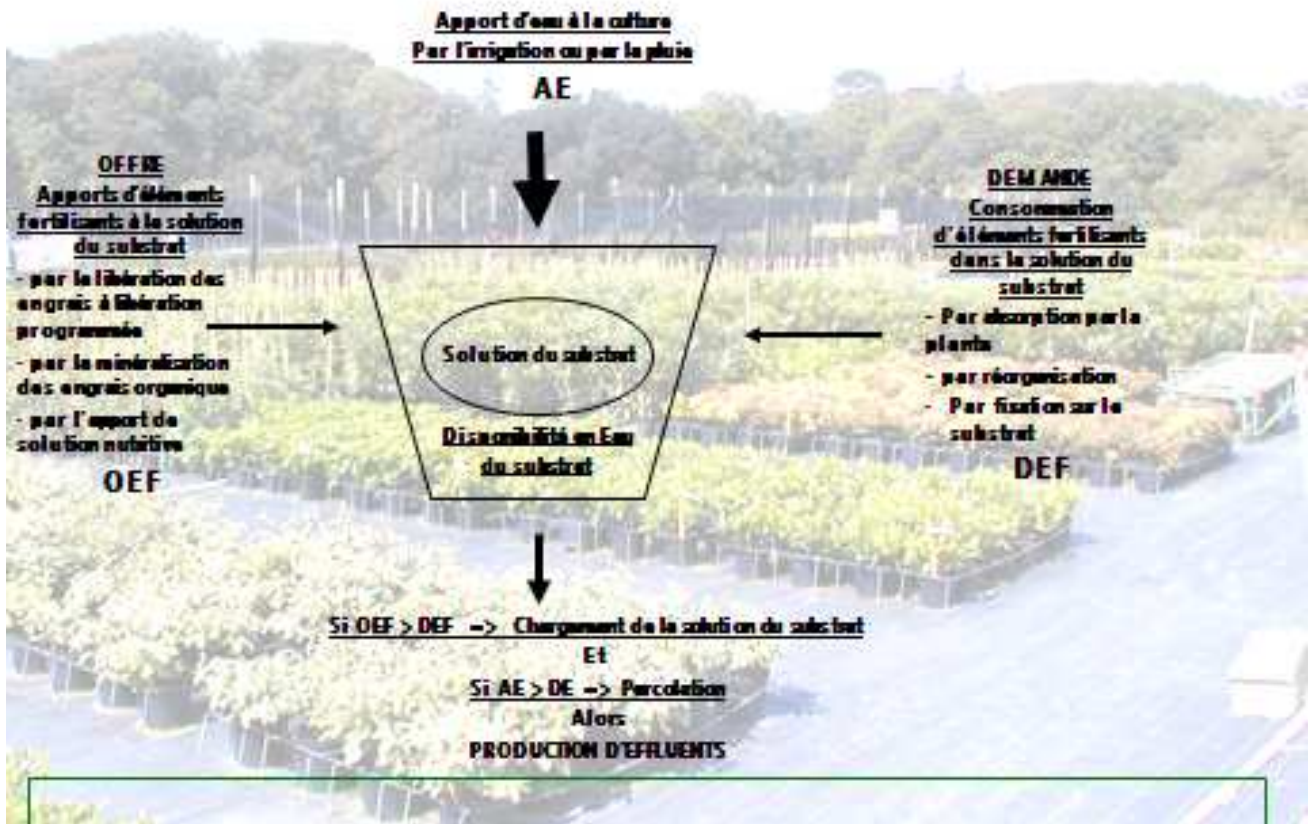
Il serait possible de distinguer différents types de conteneur en fonction de leur forme et des caractéristiques de leur fond, autorisant plus ou moins de drainage et/ou plus ou moins de remontée capillaire. Les conteneurs très drainant, qui évitent l'accumulation des excès d'eau sont une amélioration très importante du système de culture hors-sol en pépinière ornementale. De même, les conteneurs surélevés, utilisés pour la culture d'espèces peu exigeantes en eau et/ou sensibles aux excès d'eau sont également une adaptation très utile.

En limitant les problèmes sanitaires du système racinaire, l'utilisation de ces conteneurs diminue le recours à des produits phytosanitaires. Ce sont plus des facilitateurs de la percolation que des causes primaires. Aussi, il ne semble pas justifier d'en tenir compte dans l'élaboration de l'indicateur.

Pour illustrer les processus intervenants dans la production d'effluent par percolation au niveau des conteneurs, le schéma suivant est proposé. 2 processus se croisent :

- d'une part, un processus de chargement ou de déchargement de la solution du substrat en fonction de l'équilibre qui s'installe entre une offre d'éléments fertilisants à la solution du substrat (à partir de la fertilisation, par libération, minéralisation ou apport de solution nutritive) et une demande d'éléments fertilisants (liée à l'absorption par la plante, la fixation sur le substrat, la réorganisation).
- d'autre part, un processus de percolation qui entraîne la solution plus ou moins chargée en éléments fertilisants du substrat lorsque les apports d'eau par l'irrigation ou la pluie sont supérieurs à la disponibilité en eau du substrat.

Processus participants à la production d'effluents chargés par percolation au niveau des conteneurs



b) Risque lié à l'eau d'irrigation non capté par la culture :

Ce risque est très important lorsque de l'irrigation fertilisante par aspersion est utilisé. La solution nutritive qui tombe à côté des conteneurs constitue alors la principale source d'effluent. La concentration de cette solution nutritive et les volumes d'eau d'irrigation utilisés (ou les doses d'engrais soluble utilisés durant le cycle de culture) déterminent avec le coefficient de captage de l'eau par la culture, le volume de ces effluents.

En l'absence d'utilisation de solution nutritive, l'eau de pluie ou l'eau d'irrigation non fertilisées non captées par les conteneurs vont dissoudre et disperser les effluents issus de la percolation au travers des conteneurs. Mais, même s'il y a dissolution, les flux d'azote ou de phosphore seront identiques à ce qui a percolé au niveau des conteneurs. L'eau est alors le vecteur des effluents et va les disperser dans l'environnement.

Les volumes d'eau utilisés pour l'irrigation /unité de surface, le volume d'eau de pluie ainsi que le coefficient de captage de l'eau par la culture sont des informations utiles pour calculer le volume et la concentration finale des effluents et préciser les périodes à risques pour les eaux de surface.

c) Risque de transfert des effluents hors de la parcelle et de l'exploitation

Il va s'agir d'évaluer le risque de transfert des effluents produits sur les aires de culture vers les eaux de surface du réseau hydrographique. Ce risque est à évaluer en terme de volume des effluents, de leur concentration en nitrate et phosphore et de la période de dissémination. Il sera nécessaire de tenir compte des éléments suivants :

- Du niveau d'imperméabilisation des aires de cultures qui peuvent être recouverte au niveau du sol d'un film plastique étanche, d'une toile tissée semipermeable ou d'une couche de gravier ou de matériaux perméables.
- Des pertes par infiltration au niveau du réseau de collecte (fossés, drains...) qui peut être installés sur des sols de nature plus ou moins favorable à ces infiltrations.

- De la présence d'une ou plusieurs réserves d'eau pour collecter et diluer les eaux captées sur les aires de culture.
- De la présence de procédé de traitements des effluents tel que le lagunage ou bassins végétalisés.
- De la présence de procédé déconnectant les flux hydrique de la pépinière de ceux du réseau hydrographique.

Le volume de réserve par rapport à la surface cultivée est à priori une donnée à prendre en considération. Si l'eau est recyclée et réutilisée pour l'irrigation, le risque de fuite vers les eaux de surface du réseau hydrographique sera faible en été (besoin important pour l'irrigation, faible volume de pluie stocké) mais persiste en période hivernale (faible besoin en eau, volume de pluie élevé). L'efficacité du système dépendra du volume d'eau stocké par rapport aux besoins pour l'irrigation (et donc de la surface cultivée, du régime de pluviométrie de la région et des besoins en eau des cultures). Si l'eau n'est pas réutilisée pour l'irrigation, ces réserves jouent tout de même un rôle de dilution des effluents.

La présence de procédés relatif à l'hydraulique douce peut favoriser les infiltrations d'eau dans le sol et utiliser le pouvoir dépolluant du sol : bassins filtrants, espace de rétention et de prairies inondables, bandes enherbées.

La question pourrait se poser de savoir si on doit tenir compte de la capacité du milieu naturel à recevoir les effluents produits et notamment de leur capacité de dilution. Mais, a priori, les réglementations environnementales ne tiennent pas compte de cet aspect.

4.10.2 – Indicateur Eau de surface – module désherbage des cultures hors-sol

Cet indicateur vise à prédire les risques de production et de transfert de résidus d'herbicides vers les eaux de surface du réseau hydrographique.

Plusieurs aspects sont à prendre en considération car ils sont liés à des zones différentes dans l'exploitation :

- le risque de ruissellement de résidus au niveau des aires de culture en conteneur.
- le risque lié au transfert des effluents vers des cours d'eau.

Même si l'indicateur indigo I-Phy ne peut pas être utilisé tel quel du fait de condition de culture trop différentes de celles existant pour les grandes cultures, la logique mise en œuvre pour sa construction peut être une aide à notre réflexion.

Ainsi, l'indicateur pour un itinéraire et une aire de culture donnée pourrait agréger les indicateurs élémentaires calculés pour chaque application d'herbicide comme cela est fait pour l'indicateur I-Phy (Girardin P. & al., 1997).

Dans le module eau de surface (Resu) de I-Phy, il est considéré que les critères du milieu ont plus d'importance pour l'impact sur l'environnement (y a-t-il un problème de dérive ? est-on à côté d'une rivière ? y a-t-il un problème de ruissellement ? le produit a-t-il été incorporé ?) que les critères de la molécule employée (persistance et toxicité aquatique) à la différence du module eau profonde (Bockstaller, 2004) . La hiérarchie des règles de décision choisies reflète ces considérations.

a) Le risque de ruissellement de résidus au niveau des aires de culture.

Ce risque est lié à l'utilisation d'herbicides au niveau des aires de culture. Il sera fonction :

- du distancage des conteneurs sur l'aire de culture et donc, de la proportion de produit non capté par les conteneurs. C'est cette dernière fraction qui semble la plus dommageable pour les eaux de surface, en particuliers lorsque les aires sont imperméabilisées. Comme pour l'irrigation, le coefficient de captage par la culture intervient. Dans un certain nombre de cas, les applications sont faites sur les conteneurs alors que ces derniers ne sont pas encore distancés et la surface traitées est alors restreinte à la surface de conteneur. Le mode d'application pourra également intervenir car, dans certain cas, les applications sont localisées à la surface des conteneurs (mais ce cas est rare pour les conteneurs de faible volume).
- au niveau de perméabilité des aires de cultures qui peuvent être recouverte au niveau du sol d'un film plastique étanche, d'une toile tissée semipermeable ou d'une couche de gravier ou de matériaux perméables qui déterminera la proportion des effluents produits qui seront amenés à quitter l'aire de culture par les fossés ou exutoires. Pour la proportion infiltrée dans le sol, le sol pourra jouer un rôle de dépollution. Mais, il sera plus prudent de créer un module afin d'évaluer les risques pour les eaux profondes.

- à la quantité d'herbicide utilisée au cours du cycle de culture /unité de surface. En culture hors-sol, on utilise essentiellement des produits antigerminatifs. Le nombre de produits homologués n'est pas très élevé mais, plusieurs applications peuvent être mises en œuvre au cours du cycle de culture. Il doit être tenu compte de la toxicité pour le milieu aquatique et de la persistance des produits utilisés.

Comme rappelé dans un chapitre précédent, il existe des techniques alternatives au désherbage chimique opérationnelles et économiquement acceptable comme le paillage ou la pose de disque / collerette sur les conteneurs pour limiter le développement des adventices. La mise en œuvre de ces techniques se traduit directement par une diminution de l'utilisation des produits herbicides.

b) risque lié au transfert des résidus vers le réseau hydrographique :

Comme pour le module fertilisation, il va s'agir d'évaluer le risque de transfert des résidus produits sur les aires de culture ou au niveau des chemins et abords vers les eaux de surface du réseau hydrographique. Il sera nécessaire de tenir compte des éléments suivants :

- Des pertes par infiltration au niveau du réseau de collecte (fossés, drains...) qui peut être installés sur des sols de nature plus ou moins favorable à ces infiltrations.
- De la présence d'une ou plusieurs réserves d'eau pour collecter et diluer les eaux captées sur les aires de culture. Là aussi, le volume de réserve par rapport à la surface cultivée est à priori une donnée à prendre en considération. Si l'eau est recyclée et réutilisée pour l'irrigation, le risque de fuite vers les eaux de surface du réseau hydrographique sera faible en été (besoin important pour l'irrigation, faible volume de pluie stocké) mais persiste en période hivernale (faible besoin en eau, volume de pluie élevé). L'efficacité du système dépendra du volume d'eau stocké par rapport aux besoins pour l'irrigation (et donc de la surface cultivée, du régime de pluviométrie de la région et des besoins en eau des cultures). Si l'eau n'est pas réutilisée pour l'irrigation, ces réserves jouent uniquement un rôle de dilution et de stockage temporaire des effluents.
- De la présence de procédés relatif à l'hydraulique douce pour favoriser les infiltrations d'eau dans le sol et utiliser le pouvoir dépolluant du sol : bassins filtrants, espace de rétention et de prairies inondables, bandes enherbées.
- La présence de bassins de lagunage ou bassins végétalisés peut avoir un rôle de traitement des effluents (par photolyse), les diluer et ralentir l'accès au réseau hydrographique à condition que les volumes en jeux soient cohérents avec les flux d'eau de la pépinière.
- De la présence d'un ou dispositifs permettant une déconnexion des flux d'eau de la pépinière de ceux du réseau hydrographique.

Au niveau de l'exploitation, la mise en œuvre d'un procédé agréé de gestion des fonds de cuve de pulvérisateurs sera également un facteur de diminution des risques pour les eaux de surface.

4.10.3 – Indicateur Eau de surface – module désherbage des abords et chemins de la pépinière

La surface des abords, des chemins et de zones non cultivées dans une pépinière n'est généralement pas négligeable (jusqu'à 30 % de la surface des exploitations). L'entretien de ces zones est considéré comme incontournable car il peut être une source importante de contamination par les adventices pour les cultures adjacentes présentes sur les aires de culture hors-sol. Le désherbage chimique de ces zones était jusqu'il y a peu de temps une pratique assez courante. Depuis quelques années, la mise en œuvre de la gestion différenciée des abords et de méthodes de désherbage alternatives préventives ou curatives se développe et peut permettre de limiter le recours au désherbage chimique.

Le désherbage chimique de ces zones non cultivées se traduit par des risques de dérive ou de ruissellement de résidus d'herbicide, d'autant que certaines d'entre elles peuvent présenter des risques accentués (zones imperméabilisées, zones en pentes). L'indicateur doit en tenir compte. Par ailleurs, certaines zones ne doivent pas être traitées : à proximité de fossés ou de cours d'eau, à proximité d'avaloirs, de caniveaux, de bouches d'égout.

La conception de ce module pourrait être plus proche de celle du module Resu d'I-Phy (Bockstaller, 2004 ; Thiollet M., 2003) . Mais, la nature des terrains désherbés est différente de parcelles cultivées. Les chemins sont souvent empierrés, recouvert de gravier ou de mélange sable-pierre. Le risque de ruissellement est donc élevé. Les conséquences seront plus liées à la présence d'infrastructure permettant de limiter l'accès des flux d'eau de la pépinière vers le réseau hydrographique.

De plus, il pourrait être intéressant de prendre en considération la proportion de la surface non cultivée qui est non désherbée chimiquement et / ou le nombre d'applications réalisées dans l'année de façon à apprécier une évolution des pratiques.

L'indicateur pour l'exploitation pourrait agréger les indicateurs élémentaires calculés pour chaque application d'herbicide comme cela est fait pour l'indicateur I-Phy.

Les variables à utiliser pour ce module pourrait donc être :

- la proportion de surface non cultivées de l'exploitation pour laquelle le désherbage chimique est exclu.
- le potentiel de ruissellement : il sera lié à la pente et à la nature du terrain, et notamment à leur imperméabilité.
- le potentiel de dérive estimé à partir de la distance des zones traitées au point d'eau ou cours d'eau le plus proche.
- la toxicité des produits utilisés pour le milieu aquatique et leur persistance (DT50). Plusieurs applications peuvent être mises en œuvre à différentes périodes de l'année. La quantité de chacun des herbicides utilisés pour le désherbage de ces zones /unité de surface doit être prises en considération.
- de la présence de procédés permettant de déconnecter les flux d'eau de la pépinière du réseau hydrographique :
 - o de la présence d'une ou plusieurs réserves d'eau pour collecter et diluer les eaux captées sur les aires de culture. Là aussi, le volume de réserve par rapport à la surface cultivée est à priori une donnée à prendre en considération. Si l'eau est recyclée et réutilisée pour l'irrigation, le risque de fuite vers les eaux de surface du réseau hydrographique sera faible en été (besoin important pour l'irrigation, faible volume de pluie stocké) mais persiste en période hivernale (faible besoin en eau, volume de pluie élevé). L'efficacité du système dépendra du volume d'eau stocké par rapport aux besoins pour l'irrigation (et donc de la surface cultivée, du régime de pluviométrie de la région et des besoins en eau des cultures). Si l'eau n'est pas réutilisée pour l'irrigation, ces réserves jouent uniquement un rôle de dilution des effluents.
 - o De la présence de procédés relatif à l'hydraulique douce pour favoriser les infiltrations d'eau dans le sol et utiliser le pouvoir dépolluant du sol : bassins filtrants, espace de rétention et de prairies inondables, bandes enherbées.
 - o La présence de bassins de lagunage ou bassins végétalisés peut avoir un rôle de traitement des effluents (par photolyse), les diluer et ralentir l'accès au réseau hydrographique à condition que les volumes en jeux soient cohérents avec les flux d'eau de la pépinière.
- De la mise en œuvre d'un procédé agréé de gestion des fonds de cuve de pulvérisateurs.

4.10.4 – Indicateur volume d'eau prélevé pour l'irrigation

Cet indicateur aura pour objectif d'évaluer les risques de surconsommation d'eau par l'irrigation ou de limiter le prélèvement d'eau au niveau de la ressource. Cette évaluation est bien à réaliser au niveau des techniques et des pratiques envisageable par les producteurs qui permettent d'aboutir à des économies d'eau et non à partir de variables qui mettraient par exemple en avant des différences climatiques.

Un certain nombre de pratiques et de techniques sont connues en pépinière hors-sol pour limiter le gaspillage de l'eau :

- au niveau des techniques d'irrigation.
- au niveau du choix du substrat.
- au niveau du pilotage des irrigations.
- au niveau de la récupération des effluents et du recyclage de l'eau.
- au niveau du stockage de l'eau de pluie.
- Le fait de réaliser des cultures sous abri plutôt qu'à l'extérieur est aussi un moyen d'économiser de l'eau.

a) Techniques d'irrigation et économie d'eau

Parmi les techniques d'aspersion, la microaspersion permet de limiter les volumes d'eau utilisés du fait d'une meilleure homogénéité spatiale des apports d'eaux. Mais, ce dernier procédé ne convient qu'au culture ne possédant que de faible besoin en eau.

L'utilisation de techniques d'irrigation localisées telle que le goutte à goutte permettent de diminuer les volumes d'eaux utilisés de 30 à 60 % selon le volume des conteneur et la densité de culture par rapport à de l'aspersion par sprinkler. Les nappes d'irrigation permettent également de réaliser une économie mais moins importantes.

L'homogénéité des équipements d'irrigation facilitera l'optimisation des apports d'eaux. L'absence de sensibilité au vent sera également un facteur à considérer.

b) Au niveau du choix du substrat :

Les éléments précisé au chapitre 4.10.1.a) concernant l'optimisation de l'irrigation à la disponibilité en eau du substrat sont également valable pour ce chapitre. Un substrat à faible réserve en eau ne pourra être irrigué de façon économe en eau qu'avec des équipements d'irrigation précis, homogènes et conçues dans les règles de l'art (dimensionnement en fonction des débits et des pressions adaptés aux besoins, caractéristiques hydrauliques du réseau, filtration, qualité d'eau....)

Un substrat possédant une disponibilité en eau supérieure et une bonne facilité de rehumectation sera plus facile à gérer et pourra mieux valoriser la capacité d'irrigation permises par les pluies.

c) Au niveau du pilotages des irrigations

L'aide matérielle fournie par les ordinateurs d'irrigation ou des automates faciles à régler est un atout pour optimiser les apports en fonction du besoin des plantes et de la demande climatique en en eau, en particuliers pour les pépinières de taille importantes cultivant de nombreuses espèces ou séries de plantes sur des structures de production variés.

Les outils tels que des sondes d'humidité, des tensiomètres, des balances....seront utiles pour optimiser le pilotage des irrigations lors de période où le climat est très variable et les décisions d'irriguer difficile à prendre. En période de climat stable et sec, ils peuvent entrainer un accroissement de la consommation en pilotant en fonction du confort des plantes.

Mais, ces techniques ne sont rien sans un suivi humain nécessitant une implication de tous les jours et une organisation adaptée de l'entreprise pour optimiser les apports aux besoins des cultures.

d) Le recyclage et la réutilisation de l'eau – le stockage d'eau de pluie :

Avec de l'irrigation par aspersion, le recyclage permet d'économiser jusqu'à 40 à 60 % de l'eau apportée selon les années. Le % d'économie d'eau réalisé va dépendre :

- Du niveau d'imperméabilisation des aires de culture et des fossés de collecte des effluents.
- Du volume des réserves d'eau / surface à irriguer et aux besoins d'eau.

Les aires de culture et les abris constituent des surfaces pouvant capter l'eau de pluie. Cette eau peut être stockée en même temps que les effluents et l'eau d'irrigation non captée par les cultures en vue d'être utilisée pour l'irrigation à une autre période.

4.10.5 – Synthèse des variables proposées pour l'élaboration des indicateurs eau de surface et volumes d'eau prélevés dans la ressource

Suite au travail d'analyse des variables intervenant dans les impacts environnementaux du système de culture d'arbustes en conteneur, différentes variables pourraient être retenues pour élaborer des indicateurs sur la qualité de l'eau. Cette liste est présentée en annexe 2.

411. - Définition d'itinéraires de cultures possibles et réflexions agronomiques

Les premières réflexions menées pour définir des systèmes de cultures et des itinéraires cohérents du point de vue technique et économique et ayant un impact environnemental limité et maîtrisé laissent penser que les solutions à retenir sont proches des systèmes suivants :

- système recyclé : aires de culture imperméabilisée + bassin de récupération et recyclage + irrigation par aspersion + désherbage par paillage ou disque. Dans ce cas de figure, le choix du substrat et du mode de fertilisation n'aura pas ou peu d'impact sur l'environnement si le % de récupération des rejets est élevé. Toutefois, le recyclage total des rejets n'est envisageable que si l'eau de départ n'est pas trop concentrée en chlorure et en sodium. Dans ce dernier cas, le stockage d'un volume important d'eau de pluie est recommandé. Selon la sensibilité des cultures aux maladies telluriques (Phytophthora, Pythium...) et les risques phytosanitaires, les rejets recyclés devront être désinfectés par un procédé adapté (filtration lente sur pouzzolane par exemple).

- système avec irrigation localisée : dans le cas d'irrigation par goutte à goutte, un substrat moyennement ou très tourbeux sera utilisé associé à un paillage pour lutter contre les adventices. La fertilisation pourra être réalisée par différents moyens. Le volume des rejets étant très faible, l'irrigation fertilisante aura un impact environnemental limité.

Ces systèmes seront complétés à l'échelle de l'exploitation :

- par des dispositifs permettant de limiter la connexion entre le réseau d'écoulement des rejets de l'exploitation et le réseau hydrographique en adoptant les principes de l'hydraulique douce pour favoriser les infiltrations d'eau dans le sol et utiliser le pouvoir dépolluant du sol (par la mise en œuvre de tranchées drainantes, de bassins filtrants, d'espace de rétention et de prairies inondables) ou par du lagunage avec des bassins végétalisés et l'implantation de bandes enherbées le long des cours d'eau.

- par la limitation de recours aux herbicides pour l'entretien des zones non cultivées de la pépinière grâce à une gestion différenciée des espaces.

5. – Conclusion - Perspectives

La première étape de ce projet a été mise en œuvre. Le travail avec un groupe d'expert scientifique a permis de préciser le fonctionnement du système de production des arbustes en conteneur, élevés en hors-sol sur des aires de culture spécialisées. Une grande diversité d'itinéraire est possible dans ce système.

Les impacts environnementaux de ce système de culture ont commencé à être documentés. Il semble que l'impact sur la qualité de l'eau soit l'enjeu prioritaire à prendre en considération même si il se pose la question de la hiérarchisation des impacts.

Chaque intrant doit être évalué par rapport à l'impact qu'il occasionne au niveau de ce système de culture. Les questions concernant les impacts environnementaux occasionnés par la production des intrants en amont du système relèvent plus de l'analyse du cycle de vie du produit tout au long de la filière. Notre objectif dans ce programme est de minimiser les sortants de l'aire de culture (à l'exception des plantes commercialisées) et de ne pas s'intéresser, du moins dans un premier temps, au cycle de vie du produit.

Parallèlement au travail réalisé avec un groupe d'expert pour l'évaluation environnementale du système de production (culture de plantes en conteneur sur des aires hors-sol), un travail a été réalisé avec un groupe de pépiniéristes pour réfléchir à la question de l'intégration environnementale au niveau des exploitations, en

particuliers par rapport à la question du désherbage des cultures mais aussi des abords et des chemins dont la surface est importante dans les pépinières de production. Une démarche d'évaluation des risques et d'amélioration des pratiques est proposée.

La mesure de la performance environnementale par le développement d'un ou plusieurs indicateurs adaptés au système de production et aux objectifs a débuté. Il semble que l'utilisation d'indicateurs composites estimant l'impact environnementale à partir de règles formelles prenant en compte des variables du milieu et des pratiques culturales (par exemple, du type de la méthode indigo) pourrait être adapté à ce type d'évaluation par rapport à la diversité des itinéraires de culture qu'il est possible de réaliser dans le système de production étudié.

L'architecture proposée pour la construction de ces indicateurs serait la suivante :

- un indicateur pour la qualité des eaux de surface à partir de 3 modules :
 - un module concernant les effets de la fertilisation des cultures hors-sol.
 - un module concernant les effets du désherbage des cultures hors-sol.
 - un module concernant les effets du désherbage des abords de la pépinière.
- Indicateur concernant les volumes d'eau prélevés sur la ressource pour l'irrigation

Un premier choix de variable a été opéré pour l'élaboration de ces indicateurs. Ces variables ont été critiquées et les plus pertinentes ont été sélectionnées. Il reste à associer ces variables pour définir les règles de décisions et le calcul des indicateurs

V. EVALUATION (Comité de pilotage, bilan à chaque étape ...)

L'évaluation sera réalisée chaque année par le Conseil Scientifique d'ASTREDHOR.

Un compte-rendu d'activité sera rédigé et transmis à l'ASTREDHOR à la fin de chaque année.

VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Auger C., 2009. Où en est la démarche de la FNPHP Production Horticole Durable. ChloFil, N° spécial 23, 04/05/09, p. 1-2.

ASTREDHOR, 2009. Grille d'audit – Certification environnementale des exploitations.

ASTREDHOR, 2009. Pratiques alternatives et durables en horticulture ornementale – 10 années de travaux d'Astredhor. Ed. Tterre d'innovation, Octobre 2009, p. 1-88.

Blouin M., 2008. *Evaluation de la durabilité de systèmes de culture : tests et mise en oeuvre de MASC, modèle qualitatif d'évaluation multicritère.* Mémoire de Master II professionnel, mention systèmes écologiques, spécialité gestion intégrée des agrosystèmes et des forêts. ENITA Bordeaux. Encadrement Colomb et JE Bergez, UMR AGIR.

Bockstaller C., Girardin P., Van Der Werf H.M.G., 1997. Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. European journal of agronomy, vol. 7, pp. 261-270.

Bockstaller C., 2004. Elaboration et utilisation des indicateurs – exemple de I-PHY. In : Estimation des risques environnementaux des pesticides. Ed. INRA., Coord. : E. BARRIUSO. Pp. 75-86.

Bockstaller C., Girardin P., 2008. Mode de calcul des indicateurs environnementaux de la méthode Indigo. Manuel Indigo, 120 p.

Bockstaller C., Guichard L., Makowski D., Aveline A., Girardin P., Plantureux S., 2008. Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems. A review. Agron. Sustain. Dev. 28, 139-149.

Bockstaller C., Galan M.B., Capitaine M., Colomb B., Mousset J., Viaux P., 2008. Comment évaluer la durabilité des systèmes de production végétale ? in Systèmes de culture innovants et durables – Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ? Ed. Educagri, p.29-51.

- Bohne, H., 2008.** Nitrogen and water household in peat reduced growing media during cultivation of tree nursery crops. In Proceeding of the International Symposium on Growing Media, Angers, France, 4-10 september 2008. Acta Horticulturae, 779, 213-220.
- Broschat T.K., 2008.** Effectiveness of pasteurized poultry litter as a partial substitute for controlled-release fertilizers in the production of container-grown ornamental plants. HortTechnology, 18 :4, 671-677.
- Couette K., 2002.** Le paillage en alternative au désherbage chimique en culture de conteneurs. In Horticulture et environnement, vers une démarche globale d'entreprise. Actes des Journées Techniques de l'Astredhor, Monbazillac, 24&25 janvier 2002, p. 67-71.
- Damien C. (2009).** *Contribution à la mise au point d'un système d'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes biologiques : introduction d'indicateurs relatifs à la qualité de la gestion agronomique.* Mémoire de stage de fin d'étude, AgroCampus Ouest, Rennes.
- Dray O., Lacourt L., 1999.** Production intégrée et norme ISO 14000 en horticulture : même combat ?. PHM – Revue Horticole, n°405, p.28-32.
- Girardin P., Bocstaller C., 1996.** Les indicateurs agro-écologiques, outils pour évaluer les systèmes de culture. OCL, n°4, pp 418-426.
- Girardin P., 1997.** Evaluation de la durabilité d'une exploitation agricole au moyen d'indicateurs agro-écologiques. In : Interactions entre agriculture et environnement. Quels outils de diagnostic ? Ministère de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation, Paris. Actes du colloque, Paris, 1997/04-02, 58-62.
- Lachurie J., 2002.** Améliorer le pilotage de l'irrigation. In Horticulture et environnement, vers une démarche globale d'entreprise. Actes des Journées Techniques de l'Astredhor, Monbazillac, 24&25 janvier 2002, p. 85-95.
- Lumineau M., 2009.** En construction, un label production horticole durable. Lien Horticole, n°24/663, p. 11.
- Manceau R., 2009.** Horticulture et environnement : un diagnostic des pratiques de production. ASTREDHOR. A paraître.
- Mary L., 2002.** Le recyclage de l'eau en pépinière hors-sol. In Horticulture et environnement, vers une démarche globale d'entreprise. Actes des Journées Techniques de l'Astredhor, Monbazillac, 24&25 janvier 2002, p. 96-100.
- Meynard J.M., 2008.** Produire autrement : réinventer les systèmes de culture. In Systèmes de culture innovants et durables – Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ? Ed. Educagri, p.11-27.
- Peschard D., Galan M.B., Boizard H., 2004.** Tools for evaluating the environmental impact of agricultural practices at the farm level: analysis of 5 agri-environmental methods. In: OECD expert meeting of farm management indicators for agriculture and environment. Acte du colloque, Nouvelle Zélande, 2004/03/08-12.
- Petitjean M.F., 2008a.** Enjeux du développement durable pour l'horticulture ornementale. PHM – Revue Horticole, n°498, p.17-20.
- Petitjean M.F., 2008b.** Codes de bonnes pratiques en horticulture ornementale. PHM – Revue Horticole, n°498, p.21-24.
- Projet Ecoserre, 2008.** rapport final du projet. Réf : ANR-05-PADD-009-1, .p. 1-21.
- Thiollet M., 2003.** Construction des indicateurs viti-environnementaux de la méthode indigo. Pp 113.
- Van der Werf H.M.G., Zimmer C., 1998.** Un indicateur d'impact environnemental de pesticides basé sur un système expert à logique floue. Le courrier de l'environnement n°34.

Verberkt H., 2004. Organische meststoffen bruikbaar bij kuip en terrasplanten [Il est possible d'utiliser des engrais organiques chez le splantes en bac et le splantes pour terrasses]. Vakblad voor bloemisterij, N°23, 04/06/2004, p. 52-53.

Vriese L., 2002. Gebruik van kunstmeststof is sterk terug te dringen : organische meststoffen geschikt voor duurzaam geteelde kuipplanten [L'usage d'engrais synthétique peut être fortement réduit : les engrais organiques conviennent pour la production durable de plantes en bac]. Vakblad voor bloemisterij, N°40, 04/10/2002, p. 54-55.

Annexe 1 : Tableau n°2 - Matrice facteurs et techniques de production / impacts environnementaux en pépinière ornementale hors-sol

Tableau n°2 : Matrice facteurs de production et impacts environnementaux en pépinière ornementale hors-sol.

■ Impact très fort
 ■ Impact fort
 ■ Impact faible
 ■ Pas d'impact
 ■ Effet positif sur l'environnement

Facteurs de production	Techniques	impacts environnementaux					
		Qualité de l'eau	Consommation d'eau prélevée sur la ressource	Production de déchets	Emission de polluant dans l'atmosphère	effet sur la biodiversité sauvage	effet sur la consommation d'énergie
Aires de culture	Aires de culture imperméabilisées						
	Aires de culture semi perméables						
	Aires de culture perméables		Effet +/- important selon la remontée capillaire dans le pot et l'eau stockée dans le revêtement de l'aire			Artificialisation de la zone cultivée	
	Profil et nivellement de l'aire de culture			Amélioration de l'état sanitaire	Amélioration de l'état sanitaire		
drainage en bordure des aires de culture	par fossés dés herbés chimiquement	Lessivage des produits et érosion des bords du fossé. Impact dépend de la fréquence des applications, des produits et du type de sol.					
	par fossés dés herbés par une méthode alternative						si dés herbage thermique
	par tranchée drainante						
	par infiltration dans le sol						
Chemins et abords des aires de culture	en matériau perméable, dés herbés chimiquement	Migration partielle des produits appliqués en fonction des matériaux, de la pente, de la connexion au réseau hydrographique					
	en matériau perméable, dés herbés par une méthode alternative						si dés herbage thermique
	imperméabilisé, dés herbé chimiquement	Migration +/- rapide des produits appliqués en fonction des matériaux, de la pente, de la connexion au réseau hydrographique				Artificialisation +/- importante des abords et chemin	
	imperméabilisé, dés herbé par une méthode alternative ou non dés herbés						si dés herbage thermique
	non dés herbé						
Procédés de gestion des drainages	Pas de gestion des drainages	Les eaux d'irrigation apportées en excès sont le vecteur des pollutions par les engrais et herbicides					
	Drainage stocké dans une réserve tampon	la réserve sert à limiter les rejets en période d'étiage du réseau hydrographique					Consommation d'électricité pour le pompage
	Récupération des drainages, stockage en réserve et recyclage de l'eau						
	Récupération et stockage de l'eau de pluie pour l'irrigation	Gestion totale des rejets difficile en période hivernale car pluie captée en grande quantité par les aires de culture. Tenir compte du % des rejets réellement récupéré (infiltration dans fossés de récupération, % des rejets éliminer au trop plein...)		L'utilisation des rejets ou de l'eau de pluie pour l'irrigation limite les volumes pompés à la source			
	Lagunage par bassin végétalisé						
	Bassin filtrant ou bassin mixte					Apparition d'interface avec la végétation naturelle	
	Espace de rétention déconnecté du réseau hydrographique						
Prairie inondable							
Connection aux réseau hydrographique	directe	Les rejets transitent plus ou moins longtemps dans un espace de rétention et sont ensuite plus ou moins dilués en fonction du débit du cours d'eau dans lesquels ils se déversent.					
	indirecte proche						
	indirecte éloignée						
	non connecté						
Contenants	Tri et recyclage des plastiques usagés						
	Pas de tri ni recyclage				Les déchets correspondant à des plantes mises en culture et non commercialisées.		
	Trous et croix pour améliorer le drainage des conteneurs				Limitation des dépérissements sur espèces sensibles et augmentation du taux de récolte	Limitation des dépérissements sur espèces sensibles...	
	Surélévation pour accroître le drainage et limiter les remontées capillaires		Limitation des remontées capillaires nécessite un ajustement des apports				

Tableau n°2 (suite) : Matrice facteurs de production et impacts environnementaux en pépinière ornementale hors-sol.

Impact très fort Impact fort Impact faible Pas d'impact Effet positif sur l'environnement

Facteurs de production	Techniques	Qualité de l'eau	Consommation d'eau prélevée sur la ressource	Production de déchets	Emission de polluant dans l'atmosphère	effet sur la biodiversité sauvage	effet sur la consommation d'énergie
Irrigation	Aspersion par sprinkler	Volume de rejets élevés et dont l'impact est +/- important selon le pilotage de l'irrigation, le type de fertilisation, le substrat et la gestion des drainages	Procédés les moins économes en eau				Consommation d'électricité pour le pompage
	Aspersion par microaspersion						
	Goutte à goutte	Limitation +/- important du volume des rejets selon la technique	Limitation +/- importante des apports d'eau				Forte diminution de la consommation d'électricité pour le pompage
	Nappe d'irrigation						
	Subirrigation						
	Programmation des irrigations par automate ou ordinateur						
	Mesure de l'humidité du substrat par capteur d'humidité						
	Mesure de l'humidité du substrat par capteur d'humidité et pilotage assisté						
	Déclenchement des irrigations par des paramètres climatiques						
	Mesure régulière du drainage des conteneurs						
	Surveillance intensive		Augmente le risque de sur-arrosage			Augmentation des risques de dépérissements	Augmentation de la consommation d'électricité pour le pompage
Pas d'assistance au déclenchement des irrigations et surveillance allégée							
Culture sous abri		Limitation de la consommation en eau			Limitation des dépérissements sur espèces sensibles.....		
Substrat	Très drainant (moins de 40 % de tourbe blonde)	En particulier si matériel et conduite d'irrigation sont non adaptés	En particulier si matériel et conduite d'irrigation sont non adaptés	Les déchets correspondant à des plantes mises en culture et non commercialisée.	Limitation des dépérissements sur espèces sensibles.....		Augmentation de la consommation d'électricité pour le pompage
	Moyennement drainant (40 à 60 % de tourbe blonde)						
	Très tourbeux (70 à 100 % de tourbe blonde)						
	Ajout d'un améliorateur de CEC	Limitation des rejets d'éléments fertilisants					
Fertilisation	Par engrais à libération programmée	Effets différents selon les types d'engrais, des doses, des durées de libération ou de minéralisation ou de la solubilité et du fractionnement sur les rejets		Les déchets correspondant à des plantes mises en culture et non commercialisée.			
	Par engrais à action lente ou partiellement contrôlée						
	Par fertilisation organique						
	Par solution nutritive régulière et à forte concentration						
	Par solution nutritive occasionnelle et à faible concentration						
	Par solution nutritive occasionnelle et à forte concentration						
	Mixte (engrais à libération programmée et solution nutritive à certaine période)						
Mixte (engrais à libération programmée et ferti organique)							
Désherbage des cultures	Chimique intensif	Effet différents selon les matières actives, les dosages, les rythmes d'application et les programmes de désherbages			lors des applications	Artificialisation du milieu	
	Chimique raisonné						
	Par paillage						
	Par disque						
Désherbage des abords	Chimique intensif	Effet différents selon les matières actives, les dosages, les rythmes d'application et les programmes de désherbages			lors des applications	artificialisation +/- prononcée du milieu	
	Chimique raisonné						
	Chimique raisonné avec gestion différenciée						
	Par des méthodes alternatives						
Protection phytosanitaire	Chimique intensive	Effet différents selon les matières actives, les dosages, les rythmes d'application et les programmes de désherbages			lors des applications	Effet des insecticides (à large spectre notamment) sur la microfaune potentiellement auxiliaire	
	Chimique raisonnée						
	Par Protection Biologique Intégrée conservatrice						
	Par Protection Biologique Intégrée inondative						

Annexe 2 : Listes des variables devant servir au calcul des indicateurs EauPep

1 - Indicateur Eau de surface – module fertilisation

1.1. Risque de percolation au niveau des conteneurs

a i a s	ai	s i s	a a is i	a
a a i 1	s a		i a a a s si s s a i a a a i a s i i	s s is
a i i a i	s a	a i a i 4 ass s	a a a i a s i i	s s is
s i a i	i a i	a i a i E i a /	i s s s i a a a i s a a i s i s i s a a i i i a i s a i s a s a i i i a i a s a s a i s s i i i a i a a s si s a s a i i i s a a i i i a a i i i a i a a s a s a i a i i s a a i /	i i a a s s is i a si , s a s
is i i i a s s a	i a i	a i a i E i a /	i a a a s si s s a i a a a i a s i i	s s is
i i i a i	i a i	a i a i 4 ass s	i s s s a i i i s i a s i s i a i a i s a a i s i s i s a a i	
i a i s i i a i s	i a i	a i a i 4 ass s	i a s i s a i s i i a i a i s s a a i s i s i s a a i i i a i s s a , a i s s s s a s a , s i a a , s s i i a , a i s a i , i s s s i , i s a i a i a	
i i s a i	i i s a i	a i a i	i i s a i i a i i a i i	
is i i i a is i i i s	i i s a i	a i a i 9 ass s	E a i i s s a i s i s E , E , E , E	a i s i a i s s s
s a i s	i i s a i	a i a i	a i / i s a	a / i s a a i s i s
a i	i i s a i	a i a i	a i a i	a / i s a a a i a si s s a i s / i s a
	i a i , i i s a i	a i a i	E i , s s a i s s a i a a i s s i i a s s a i	

1.2. Risque lié à l'eau non captée par la culture :

Variables	Domaine	Types - Unités	Mode de calcul ou mode d'acquisition	Remarque
Mode de fertilisation	Irrigation, fertilisation	Qualitative	Fertilisation indépendante de l'irrigation ou non ou mixte	
Flux N et P	Irrigation, fertilisation	Quantitative	<p>Par calcul :</p> <p>Volume totale d'eau utilisé pour l'irrigation /unité de surface x (1 – coefficient de captage) x ([N mg/L solution fille] - [N mg/L eau de départ])</p> <p>Volume totale d'eau utilisé pour l'irrigation /unité de surface x (1 – coefficient de captage) x ([N mg/L solution fille] - [N mg/L eau de départ])</p> <p>Avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Volume totale d'eau utilisé pour l'irrigation : obtenu par mesure ou estimation. Des références existes. - Concentration en N de la solution fille : obtenu par calcul à partir de la composition de la solution nutritive ou par calcul à partir de la dose et de la composition des engrais utilisés. - Concentration en N de l'eau de départ : par analyse de l'eau. - Coefficient de captage (CC) : des références existent. Fonction de la densité et de l'espèce. <p>Autre possibilité : kg engrais utilisé au cours du cycle x % azote ou de phosphore de l'engrais</p>	

1.3. Risque de transfert hors de la parcelle et de l'exploitation :

Variables	Domaine	Types - Unités	Mode de calcul ou mode d'acquisition	Remarque
% d'imperméabilisation de l'aire de culture	Structure	Qualitatif – Classe de %	Estimation à partir des caractéristiques de l'aire de culture. Données fabricants pour la perméabilité des toiles hors-sol.	
% de fuite dans le réseau de collecte	Structure	Qualitatif – Classe de %	Estimation à partir des caractéristiques des installations et à partir de la nature du terrain.	
Capacité de stockage des effluents	Structure	Quantitatif	Volume des réserves de stockage des effluents /surface cultivées de l'exploitation	
Mode de traitement des effluents	Structure	Qualitatif	Recyclage des effluents sur les cultures, lagunage, épandage sur prairie ou grandes cultures.	
% d'eau non recyclée	Structure	Qualitatif – Classe de %	% de l'eau d'irrigation non récupérée et non recyclée. Soit données mesurées (compteurs d'eau) Soit estimation à partir de la capacité de stockage des effluents et des volumes d'eaux utilisées pour l'irrigation.	
Connexion au réseau hydraulique	Structure	Qualitatif	Oui / non / partielle.	

2 - Indicateur Eau de surface – module désherbage des cultures

2.1. - Le risque de ruissellement de résidus au niveau des aires de culture

Pour chaque application mise en oeuvre au cours du cycle de culture :

N° application	(1 – Coefficient de captation par la culture)	% imperméabilisation de l'aire de culture	Période de traitement	Mode d'application	Matière active	Dose /ha	Quantité de matière active non captée par la culture	Toxicité aquatique	Persistance dans l'eau

Avec :

Variables	Domaine	Types - Unités	Mode de calcul ou mode d'acquisition	Remarque
Coefficient de captation par la culture	désherbage	%	Assimilable au coefficient de captage utilisé en irrigation et pour lequel des références existent. Fonction de la densité, du stade et de l'espèce.	
% d'imperméabilisation de l'aire de culture	Structure	Qualitatif – Classe de %	Estimation à partir des caractéristiques de l'aire de culture. Données fabricants pour la perméabilité des toiles hors-sol.	
Mode d'application	désherbage	Qualitatif	Localisé sur conteneur, localisé sur l'aire, généralisé.	

2.2- Risque de transfert hors de la parcelle et de l'exploitation :

Variables	Domaine	Types - Unités	Mode de calcul ou mode d'acquisition	Remarque
% de fuite dans le réseau de collecte	Structure	Qualitatif – Classe de %	Estimation à partir des caractéristiques des installations et à partir de la nature du terrain.	
Capacité de stockage des effluents	Structure	Quantitatif	Volume des réserves de stockage des effluents /surface cultivées de l'exploitation	
Mode de traitement des effluents	Structure	Qualitatif	Recyclage des effluents sur les cultures, lagunage, épandage sur prairie ou grandes cultures.	
% d'eau non recyclée	Structure	Qualitatif – Classe de %	% de l'eau d'irrigation non récupérée et non recyclée. Soit données mesurées (compteurs d'eau) Soit estimation à partir de la capacité de stockage des effluents et des volumes d'eaux utilisées pour l'irrigation.	
Connexion au réseau hydrographique	Structure	Qualitatif	Oui / non / partielle.	
Procédé de traitement des fonds de cuve de pulvérisateurs	Structure	Qualitatif	Oui / non / partielle.	

3 - Indicateur Eau de surface – module désherbage des abords de la pépinière

Pour chaque application réalisée durant l'année :

N° application	Potentiel de dérive	Potentiel de ruissellement	Période de traitement	Mode d'application	Matière active	Dose /ha	Toxicité aquatique	Persistance

Variables	Domaine	Types - Unités	Mode de calcul ou mode d'acquisition	Remarque
% des surfaces non cultivées de l'exploitation non désherbée chimiquement	Désherbage	%	Surface non cultivée non désherbée chimiquement / surface non cultivée	
Désherbage chimique sur zone à risque	Désherbage	Qualitative	Soit estimation à partir des pratiques. Soit prorata de la surface à risques désherbée chimiquement / surface à risque de l'exploitation	
Capacité de stockage des effluents	Structure	Quantitatif	Volume des réserves de stockage des effluents /surface cultivées de l'exploitation	
Mode de traitement des effluents	Structure	Qualitatif	Recyclage des effluents sur les cultures, lagunage, épandage sur prairie ou grandes cultures.	
% d'eau non recyclée	Structure	Qualitatif – Classe de %	% de l'eau d'irrigation non récupérée et non recyclée. Soit données mesurées (compteurs d'eau) Soit estimation à partir de la capacité de stockage des effluents et des volumes d'eaux utilisées pour l'irrigation.	
Connexion au réseau hydrographique	Structure	Qualitatif	Oui / non / partielle.	
Procédé de traitement des fonds de cuve de pulvérisateurs	Structure	Qualitatif	Oui / non / partielle.	

4 - Indicateur volume d'eau prélevé pour l'irrigation

Variables	Domaine	Types - Unités	Mode de calcul ou mode d'acquisition	Remarque
Technique d'irrigation	irrigation	Qualitative	Description en fonction des caractéristiques de l'installation	
Homogénéité de l'irrigation	Irrigation	Qualitative (4 classes)	Soit données mesurées et calcul du coefficient de Christiansen Soit estimation à partir des caractéristiques de l'installation	
Dose d'Irrigation	Irrigation	Quantitative. En litre d'eau /conteneur.	Soit données mesurées. Soit par calcul à partir des caractéristiques de l'installation d'irrigation et des pratiques d'arrosage. Si irrigation au goutte à goutte : Temps d'arrosage X Débit des goutteurs Si irrigation par aspersion : Temps d'arrosage x Pluviométrie de l'installation x Coefficient de captage Si irrigation par nappe : Temps d'arrosage x débit horaire de l'installation /m ²	Coefficient de captage (CC) : des références existent. Fonction de la densité et de l'espèce.
Disponibilité en eau du substrat	Irrigation	Quantitative. En litre d'eau /conteneur.	Soit par analyse physique du substrat. Soit par approche à partir de la composition.	Des références existent.
Facilité de réhumectation	Substrat	Qualitative (4 classes)	Par approche à partir de la composition.	Des références existent.
Capacité de stockage d'eau	Structure	Quantitatif	Volume des réserves de stockage d'eau /surface cultivées de l'exploitation	
% d'eau recyclée	Structure	Qualitatif – Classe de %	% de l'eau d'irrigation récupérée et recyclée. Soit données mesurées (compteurs d'eau) Soit estimation à partir de la capacité de stockage des effluents et des volumes d'eaux utilisées pour l'irrigation.	