

UTILISATION DES NTIC* POUR OPTIMISER LES PRATIQUES DE PULVÉRISATION ET LIMITER LA CONTAMINATION DE L'ENVIRONNEMENT

*NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

VINCENT DE RUDNICKI, BERNADETTE RUELLE, LAURENT SCHEYER

CEMAGREF, 361 RUE J.F. BRETON, BP5095, 34196 MONTPELLIER CEDEX 5

1-INTRODUCTION

La Directive Européenne Cadre sur l'Eau impose aux Etats Membres que les masses d'eau atteignent un bon état écologique en 2015. Les pesticides sont une des causes de leur dégradation. En France les études menées par l'Institut Français de l'Environnement sur la contamination des eaux par les pesticides indiquent que la contamination concerne les eaux superficielles et souterraines sur l'ensemble du territoire (métropole et DOM). Ainsi selon cet institut, en 2004, les niveaux de contamination étaient significatifs: en eaux de surface, 49% des points de mesure avaient une qualité moyenne à mauvaise et 27% des eaux souterraines nécessitaient un traitement spécifique d'élimination des pesticides pour la production d'eau potable. Dans ce contexte, le Cemagref conduit des études depuis 2000 dont le but est de montrer comment l'optimisation des techniques d'application des pesticides en viticulture utilisant les NTIC, la mise en place d'une traçabilité des opérations (du remplissage au lavage du pulvérisateur) et la mobilisation des différents acteurs peuvent permettre de limiter la contamination de l'environnement.

1.1-LE PROJET LIFE AWARE



Un des objectifs du projet Life AWARE [1] étant de lier les quantités de produits phytosanitaires épandus lors des traitements et les quantités retrouvées dans les eaux de surface, il faut pour cela connaître la répartition des produits lors de l'application entre la plante, le sol et l'air.

Les pulvérisateurs couramment utilisés sont le plus souvent des machines à jets projetés, portés ou pneumatiques travaillant sur 2 à 4 rangs. Différents aspects entrent en jeu lors du traitement : orientation des jets, réglage des débits de produit (débits de sortie en fonction du volume/Ha désiré et de la dose/Ha) pour ne traiter que la végétation, nettoyage et entretien du pulvérisateur entre chaque traitement.

Le suivi de nombreux agriculteurs a montré qu'avec le type d'appareils actuellement en service il est fastidieux et difficile de les régler à chaque utilisation et encore moins lorsqu'il faut changer de réglage entre 2 parcelles (passage de traitement de 2 à 3 rangs ou changement d'écartement de rang). La plupart des surdosages ou sous-dosages de produits phytosanitaires au cours de l'application sont liés aux mauvais réglages et au mauvais entretien des pulvérisateurs. Les mesures de terrain sur différents appareils montrent des pertes non négligeables variables selon les appareils (pertes sol : 7 à 15%, pertes air : 14 à 45% en fonction des stades végétatifs).

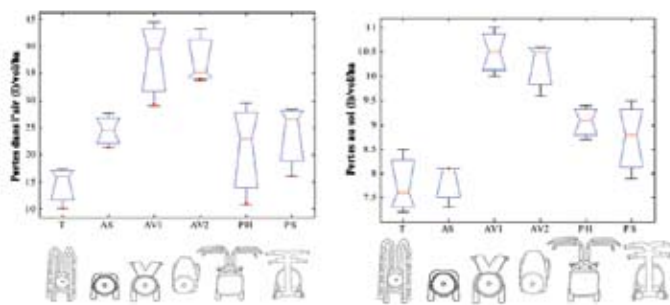


Figure 1: pertes pour différents types de machines (réf: SupAgro Montpellier 2007 C. Sinfort [3])

Le réglage des appareils de pulvérisation actuels en viticulture est relativement fastidieux. Il est difficile d'avoir constamment un appareil bien réglé en fonction du traitement et de la structure de la vigne.

Nous nous proposons dans cet exposé de montrer comment avec les outils NTIC, on peut donner les moyens aux opérateurs de régler quotidiennement leur appareil et d'assurer un suivi de leur traitement pour améliorer la qualité d'application et réduire ainsi l'impact sur l'environnement.

Avec le projet LIFE AWARE, durant les années 2006 à 2009, un nouveau système embarqué utilisant les NTIC a été développé pour suivre finement l'application des produits phytosanitaires sur un bassin versant. 15 viticulteurs ont été équipés et formés à l'utilisation de ces outils.

1.2 LE PROJET TICSAD

Ce projet est une continuation de LIFE AWARE et se déroule actuellement sur une vingtaine d'exploitations situées sur un large territoire de la Bourgogne au Languedoc avec une évolution du système AWARE. Ce nouveau système « TICSAD » bénéficie des améliorations dictées par les utilisateurs du projet AWARE. Un des buts du projet est d'éprouver le système pour aboutir à une solution optimum industrialisable. L'autre objectif est d'enseigner aux professionnels et étudiants l'utilisation des NTIC et leur intérêt pour améliorer les pratiques agricoles.

1.3 ÉTATS DES LIEUX DES NTIC EMBARQUÉES

Différents équipements existent sous forme de calculateurs et/ou régulateur (Land Manager de Dickey-John, Spraymat de Muller Elektronik.....) qui assurent des fonctions de mesure voire enregistrement pour les pulvérisateurs de grandes cultures mais à des coûts trop élevés et des technologies non idoines pour un pulvérisateur « viti » ou « arbo » (WTK- Elektronik). Ces différents systèmes sont onéreux au regard des prix des pulvérisateurs « viti » et ne peuvent s'appliquer pour la viticulture ou arboriculture car pas adaptés. Ils ne répondent pas au besoin du viticulteur ou arboriculteur de pouvoir contrôler le bon état de fonctionnement de sa machine en toute circonstance avec des paramètres simples, (débit gauche, droite ou partiels, niveau cuve, détection de bouchage, surface parcourue, etc.) ni de régler quotidiennement leur appareil : régler la pression donc les débits, et vérifier les jets des buses ni de transmettre des données enregistrées pour obtenir une traçabilité simple du travail réalisé.

Le système embarqué développé lors du projet LIFE AWARE puis TICSAD que nous décrivons dans cette étude répond à cette nécessité de réduction des pesticides adaptée à la filière en facilitant les réglages et procure des données objectives pour optimiser les traitements phytosanitaires.

2-MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 LE SYSTÈME EMBARQUÉ AWARE & TICSAD

Le système embarqué TICSAD mesure et enregistre toutes les secondes les paramètres d'application de produit (débits, volume, information météorologique), qui sont géoréférencées par GPS EGNOS. L'architecture de système est composée d'un logiciel de traitement des données issues du système embarqué sur les machines par une liaison USB.

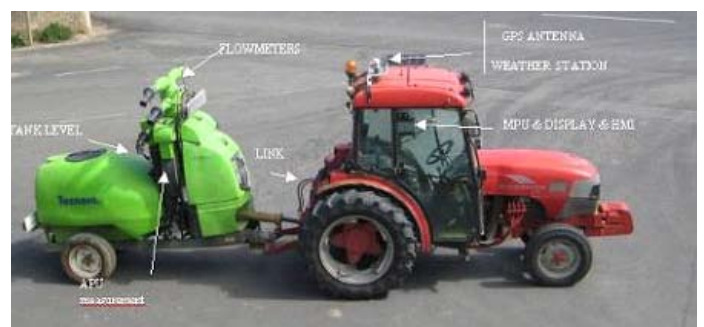


Figure 2: Equipement tracteur et pulvérisateur (photo Cemagref)

En conséquence, les paramètres mesurés sont : Débits gauches et droits, niveau de cuve, pression, information météorologique (vitesse du vent et directions, température et humidité) et positionnement de GPS. Ce type de station météo « marine » à ultrason est exempt de tout problème mécanique. Les débitmètres électromagnétiques utilisés sont insensibles au colmatage du aux produits chargés ou en poudre et à la densité. La mesure de niveau est réalisée avec un capteur ultrason dont le signal est corrigé pour l'application.

Le système est étudié de façon à ce que l'utilisateur n'ait pas de contrainte supplémentaire et de telle sorte que si une défaillance survenait, l'application de produit pourrait continuer.



Figure 3 : Débitmètre électromagnétique



Figure 5: CPU IHM



Figure 4: Mesure de niveau cuve



Figure 6: station météo marine

Le système a 3 rôles :

- Avant l'application: Entrer les produits parmi une liste définie sur le logiciel et définir les quantités utilisées pour les transférer sur le système Aider le viticulteur au moment du remplissage du pulvérisateur (lecture directe et précise (2l) du niveau de cuve en lui permettant de régler facilement les débits en fonction des paramètres des parcelles (écartement, volume/Ha etc.). La connaissance de la météo (vitesse de vent <19km/h et de l'humidité) permet de parfaire l'application...

- Pendant l'application: Visualiser de façon continue les paramètres de fonctionnement de la machine pendant le traitement à la parcelle (monitoring). Ainsi le viticulteur peut détecter des dysfonctionnements (bouchage, déséquilibre, niveau de fond de cuve, etc.). Enregistrer automatiquement la traçabilité du traitement phytosanitaire par le référencement GPS

- Après l'application: Transférer puis générer automatiquement les cahiers de traitement. Cette traçabilité est intra-parcellaire, puisque le GPS permet de différencier les rangs des parcelles de vigne

Avant d'aller sur le terrain, le viticulteur prépare la tâche sur le logiciel TICSAD en définissant le travail : parcelles à traiter, matériel, produits et transfère la configuration sur une clef USB. Il peut ainsi vérifier la liste des tâches, les réglages adéquats du pulvérisateur et le choix des produits et quantités. Il choisit la parcelle à traiter et lorsqu'il arrive sur la parcelle, il démarre l'enregistrement. Le GPS synchronise l'acquisition des données. A la fin de la parcelle, il stoppe l'acquisition et choisit la parcelle suivante.

Par défaut le système affiche les débits et le niveau de cuve mais il peut choisir différents écrans : volume hectare et vitesse avancement, données météo etc. Le système permet de tracer l'application phytosanitaire mais aussi toutes les autres tâches de la viticulture : labour, épamprage etc. et ainsi générer la traçabilité géographique et temporelle.

2.2-LE LOGICIEL DE TRAÇABILITÉ « TICSAD »

Le logiciel permet de configurer l'exploitation, de préparer les tâches, de traiter les données et de générer automatiquement un cahier de traitement. Il permet de définir la liste des parcelles, les outils et matériels, le personnel, les produits utilisés suivant une liste internet accessible (officielle ou propriétaire) pour chaque traitement. Ainsi il prépare son travail pour sera transférer via une clef USB sur le système embarqué.

Après le travail, les mesures sont collectées dans une base de données via la clef, analysées et comparées avec les données déclaratives pour permettre à l'agriculteur de définir une stratégie afin d'améliorer leur pratiques. Les données sont traitées de façon à générer le géo référencement et elles procurent :

- Le traitement daté relatif à chaque parcelle.
- La traçabilité des produits par parcelle avec les quantités épanchées.

2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

Pour le projet LIFE AWARE, un système d'information géographique (SIG Q-GIS) a été utilisé pour créer et définir le bassin versant, les parcelles, le réseau hydrologique, le relief, la végétation etc. pour permettre l'analyse spatiale et développement de modèles. Pour le projet TICSAD, le système se concentre sur seulement l'exploitation du viticulteur ou de la cave coopérative et son parcelaire avec les données relatives classiques.

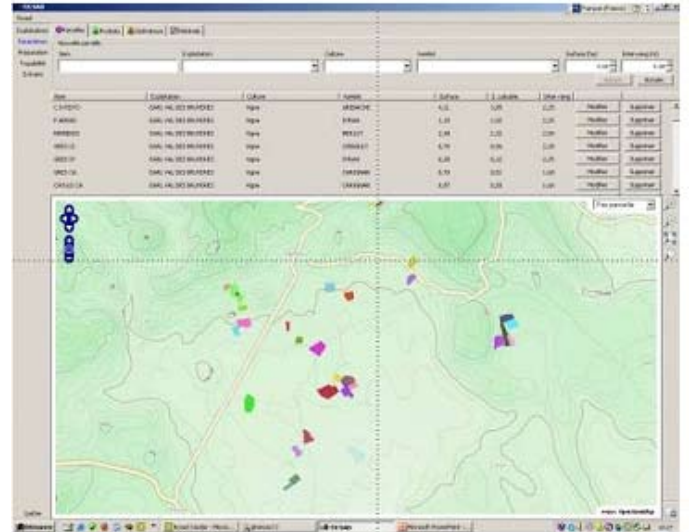


Figure 7: vue des parcelles de l'exploitation sur TICSAD software

Les informations enregistrées toutes les secondes comprennent : La position GPS EGNOS (<1m sur la parcelle) du pulvérisateur, les débits droite et gauche, le volume épanché, le volume de cuve restant, les conditions météorologiques (température, humidité, vitesse et orientation du vent). Chaque système possède son identifiant permettant de différencier le matériel, les exploitations et les parcelles. Les informations de chaque parcelle sont extraites et une analyse croisée automatique permet d'extraire les critères essentiels de qualité d'application permettant l'analyse critique et corrective.

2.4-ETABLISSEMENT DES RÉSULTATS GRAPHIQUES

Pour assurer son rôle d'amélioration de la qualité d'application, le logiciel affiche sous une forme graphique intuitive les résultats des mesures et ceux calculés de parcelle concernée. (Vol./Ha, wind speed /direction).

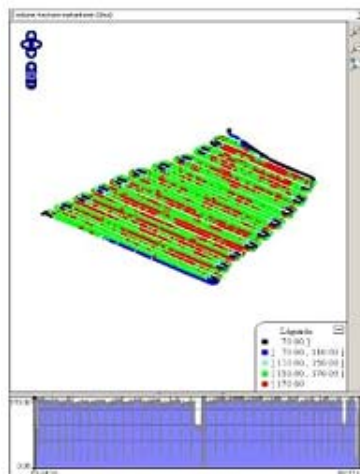


Figure 8: Représentation intra parcellaire



Figure 9: feuille de traitement

Une fiche relate les différents paramètres mesurés comme : les données de réglage du pulvérisateur pendant l'application, la surface réellement traitée, le nombre de rangs, les doses appliquées etc. Une fois les données traitées, les mesures objectives enregistrées sont comparées aux données déclaratives du viticulteur avec un indicateur d'erreurs. En résumé, le logiciel édite la représentation graphique de la parcelle avec le choix des paramètres affichés (VOL/Ha, débits, météo etc.) et le cahier de traitement dont le format peut être adapté à des spécifications de conduite raisonnée comme TERRAVITIS.

L'objectif est de procurer au viticulteur des informations faciles à comprendre et interpréter. Il peut ainsi corriger son action pour les prochains traitements et en valider les résultats sur l'enregistrement suivant.

3-RÉSULTATS

L'un des résultats de ces projets concerne la relation entre les résidus de produits retrouvés à l'exutoire du bassin versant et la quantité épanchée. Un deuxième résultat concerne la modélisation d'un bassin versant permettant de simuler des conditions d'application vs les conditions météorologiques (pluies etc.) et un dernier traite de l'utilisation des NTIC et de leur acceptabilité dans leur rôle d'aide à la réduction de l'impact environnemental et des quantités utilisées.

3.1-SUIVI DE L'ÉTAT DES EAUX À L'EXUTOIRE DU BASSIN VERSANT

Les eaux analysées ont été prélevées avec un préleveur automatique à l'exutoire du bassin versant. 22 échantillons ont été étudiés avec une analyse multi résidus sur plus de 350 substances actives et métabolites. 33 substances actives ont été détectées soit au-dessus du seuil de quantification soit sous forme de « présence ». Des herbicides, des fongicides, des insecticides ont été retrouvés avec un nombre et des quantités plus importantes d'herbicides ceci étant lié au fait que les herbicides sont appliqués sur le sol et sont de ce fait entraînés directement dans les eaux superficielles lors des événements pluvieux. Les variations annuelles des quantités de produits phytosanitaires retrouvées sont très fortement corrélées à la pluviométrie et l'intensité de pluie.

Le climat méditerranéen de la zone se caractérise par une période pluvieuse au printemps suivi d'une période sèche (juillet-août) puis une période avec une forte pluviométrie et des intensités de pluie qui peuvent être très fortes en septembre octobre novembre. Sur les trois années du projet, l'année 2006 a été caractérisée par un printemps très sec (10 mm). De ce fait, il n'y a donc pas eu de pression de mildiou sur les vignes et les adventices n'ont pas eu tendance à se développer. Les viticulteurs ont donc moins traité en 2006 par rapport à 2007-2008. De plus comme il n'a pas plu de façon significative il n'y a pas eu de transfert de pesticides vers les eaux au printemps. Les années 2007 et 2008 par contre ont connu des pluviométries et des intensités de pluie importantes au printemps et à l'automne favorisant les transferts de pesticides. Pour ces deux années les viticulteurs ont du réaliser plus de traitements car la pression parasitaire était plus forte. Ces deux mécanismes combinés expliquent donc une présence en plus grand nombre et en plus grandes quantités de produits phytosanitaires en 2007 et 2008 dans les eaux de la Vaillèle. Il se révèle difficile sur un laps de temps si court d'apporter des conclusions sur la réduction des quantités de pesticides liées à une meilleure pratique. La modélisation permet de tester différents scénarios en fonction des observations de terrain recueillis pendant les trois années du projet.

3.2-MODÉLISATION DU TRANSFERT DE PRODUITS AU SOL VERS L'EXUTOIRE

Le Modèle MHYDAS [10] utilisé pour ce projet développé UMR LISAH a pour objectif d'étudier les impacts des installations agricoles sur la qualité des eaux sur un bassin versant durant les périodes de pluies. Il modélise les échanges entre eaux de surface et souterraines, le transfert des polluants et des résidus. Les fonctions de simulation permettent de simuler le transfert des produits chimiques dans l'environnement à partir de situations concrètes. Le modèle a été calibré (Fig. 11) avec la surface entière du bassin versant découpé en zones hydrologiques homogènes. Il est possible d'appliquer des types de pluies et des quantités et types de produits épanchés sur chaque parcelle pour calculer le débit des cours d'eau et ainsi la concentration de produits potentiellement re-trouvables à l'exutoire.



Figure 10: Vue du processus général de MHYDAS

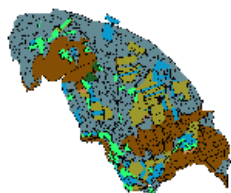


Figure 11 : Segmentation sur le bassin versant pour Mhydas

3.3-L'UTILISATION DES NTIC EMBARQUÉ

- Son aide pour un bon réglage quotidien

Le système embarqué TICSAD et ses capteurs ont apporté une aide au réglage. Durant le remplissage, la mesure précise du niveau de cuve permet de remplir la cuve au volume exact désiré et d'éviter les débordements. Cette opération n'est pas aisée sur le matériel courant. Les pollutions ponctuelles sont ainsi limitées. Pendant l'application, l'opérateur peut visualiser tous les paramètres relatifs au traitement et ainsi adapter sa vitesse ou détecter des dysfonctionnements (bouchage de buses, fuites etc.) La mesure météo lui permet de vérifier les conditions d'application. Finalement, grâce au système TICSAD et à l'accessibilité des paramètres, le viticulteur a apporté une attention accrue aux réglages de sa machine, non seulement hydraulique mais aussi ceux concernant l'orientation des buses, et le bon fonctionnement des organes et le bon rinçage de la cuve. Ces points sont essentiels pour espérer réaliser un bon traitement.

- Comment les NTIC permettent d'améliorer les pratiques

Avec le traitement des données objectives enregistrées pendant le traitement à l'échelle intra-parcellaire, les informations présentées sous formes graphiques et de cartes sont interprétées par le viticulteur et/ou le technicien et, après évaluation, donnent lieu à des corrections pour améliorer la qualité d'application. La réduction de quantité de produits utilisés a atteint jusqu'à 25% par rapport à des traitements sans TICSAD que l'agriculteur pensait corrects. Celui-ci, une fois familiarisé peut lui-même s'auto-corriger.

- La traçabilité comme outil de suivi qualitatif

Les données traitées sont compilées pour générer automatiquement un fichier qui permet d'éditer le cahier parcellaire de traitement tel celui qu'ils ont obligation de tenir. Un exemple est représenté, Figure 9, Cela lui garantit des données exactes et objectives et lui procure un gain de temps dans l'édition des cahiers. Les comparaisons faites avec le cahier déclaratif manuscrit montrent des erreurs de dates d'application de quantités et de produits mais aussi de changement d'écartement sans modification de réglages etc. Ainsi, le système TICSAD permet de réaliser facilement ces cahiers et de façon exacte.

- Quelle nouvelle approche les NTIC TICSAD

L'objectif du grenelle de l'environnement est de réduire de moitié l'utilisation des produits de traitement et de désherbage d'ici 10ans. Demander de ne plus utiliser de pesticides serait bien évidemment utopique. Traiter est indispensable pour assurer les récoltes. Une approche complémentaire à celle des NTIC pour atteindre ces objectifs est de compléter cela par l'utilisation de méthodes de gestion des applications développées par les centres technique et de Recherches: programmes POD MILDIOU (INRA - CEMAGREF) [4] and OPTIDOSE (IFV) [5] de façon à lutter contre les pertes de produits en utilisant les bonnes quantités au bon moment.

Le Système TICSAD peut permettre de mieux et plus facilement gérer ces nouvelles méthodes en appliquant ces méthodes avec toujours de bon réglages et de disposer de comptes-rendus graphiques, texte et informatiques des résultats qualitatifs des traitements ouvrant la voie vers des analyses fines et détaillées.

CONCLUSION

Les systèmes AWARE et TICSAD introduisent une technologie nouvelle auprès des agriculteurs permettant la génération automatique de données fiables, un retour d'expérience sur les pratiques actuelles et une véritable traçabilité sur les pratiques de pulvérisation et d'utilisation des pesticides. L'étude de ces enregistrements avec les différents acteurs concernés permet d'analyser les dysfonctionnements et de trouver des voies d'amélioration des pratiques et des matériels afin d'utiliser moins de pesticides et de diminuer ainsi la contamination de l'environnement. Il utilise des outils issus des NTIC pour étudier un problème concret sur un bassin versant. Il procure de données automatiques et objectives. Il permet de visualiser en temps réel les paramètres hydrauliques essentiels de fonctionnement du pulvérisateur et de les corriger facilement.

L'objectif est d'aider les viticulteurs à contrôler parfaitement leur outil de travail. Si le principe de fonctionnement des pulvérisateurs est simple (envoyer une solution d'eau et de produit de la cuve vers la vigne), son réglage nécessite une certaine expérience et une compréhension de tous les points-clés de l'outil (régulateur de pression, taille des buses, orientation des jets, etc.), et un suivi régulier des pièces le constituant.

Une traçabilité intra-parcellaire géoréférencée des traitements permet de vérifier et corriger quotidiennement les paramètres de fonctionnement du pulvérisateur. Elle procure en outre un état objectif de la qualité d'application permettant une analyse et une correction du travail.

Par exemple, pour évaluer l'impact des traitements phytosanitaires, il peut être intéressant de calculer et représenter graphiquement l'ensemble des doses de produit contenant la matière active X sur les parcelles situées à moins de 50m du cours d'eau pour une période de temps donnée ou bien de savoir quelles parcelles ont été traitées avec un pulvérisateur de type « jet porté » contre une maladie Y, etc.

A l'usage, grâce à cet outil, l'utilisateur apporte un soin accru aux réglages hydrauliques mais aussi mécaniques (orientation des buses) et à l'entretien général de son pulvérisateur pour essayer d'aboutir à un résultat qu'il peut immédiatement qualifier après ses traitements.

La réduction des quantités de pesticides utilisées et perdues dans l'environnement dépend de façon évidente des réglages des pulvérisateurs, de la maîtrise des applications en toute connaissance des paramètres et de méthodes de lutte raisonnée contre les attaques parasitaire en utilisant des solutions novatrices développées par les instituts techniques et les centres de recherche : programmes OPTIDOSE (IFV) POD ou MILDIUM (INRA - Cemagref)..

Les outils NTIC donnent les moyens aux opérateurs de maîtriser la qualité d'application des produits phytosanitaires et permettent d'atteindre l'objectif de réduire la contamination des différents compartiments de l'environnement (eau, sol, air) significativement.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Sinfort C. (2007) Les pertes de produits phytosanitaires dans l'environnement pendant les applications : le rôle du matériel :EUROVITI 2007
- [2] De Rudnicki V., Ruelle B., Douchin M., Bellon-Maurel V. (2008) Reducing pesticide-related water pollution by improving crop protection practices: The use of embedded ICT technologies: 13th IWRA World Water Congress 2008
- [3] Bellon-Maurel V., Vallet A., Tinet C., De Rudnicki V., Ruelle B., Douchin, M. (2008). Pulvérisation modulée utilisant mesures et tic, biomasse-énergie Ageng 2008
- [4] Léger B., Cartolaro P., Delière L., Delbac L., Clerjeau M., Naud O. (2007) An expert based crop protection decision strategy against grapevine's powdery and downy mildews epidemics: Part 1) formalization. Presented at the meeting of the IOBC/WPRS Working Group «Integrated Control in Viticulture», Marsala, Sicily, October 25-27.
- [5] Davy A. (2007), Le programme Optimiser : optimisation agronomique et environnementale de la pulvérisation. EUROVITI, 28-29 November 2007 : 157 - 162.