



**HAL**  
open science

# Les nouvelles technologies pour réduire les quantités de produits phytosanitaires et leurs impacts sur l'environnement

Cécile Chevrier, V. de Rudnicki, B. Ruelle, X. Crété

► **To cite this version:**

Cécile Chevrier, V. de Rudnicki, B. Ruelle, X. Crété. Les nouvelles technologies pour réduire les quantités de produits phytosanitaires et leurs impacts sur l'environnement. *Innovations Agronomiques*, 2013, 28, pp.101-111. hal-02642200

**HAL Id: hal-02642200**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02642200>**

Submitted on 28 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

## Les nouvelles technologies pour réduire les quantités de produits phytosanitaires et leurs impacts sur l'environnement

Chevrier C.<sup>1</sup>, De Rudnicki V.<sup>2</sup>, Ruelle B.<sup>2</sup>, Créte X.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Chambre Régionale d'Agriculture du Languedoc-Roussillon, Maison des agriculteurs, 34875 Lattes cedex

<sup>2</sup> IRSTEA - UMR ITAP « Information-Technologie- Analyse environnementale - Procédés agricoles » 361, rue Jean François Breton, 34196 Montpellier cedex 5

<sup>3</sup> CEHM - Mas de Carrière - 34590 Marsillargues

Correspondance : [christel.chevrier@languedocroussillon.chambagri.fr](mailto:christel.chevrier@languedocroussillon.chambagri.fr)

### Résumé

Les agriculteurs ont pris conscience de l'impact des produits phytosanitaires sur l'environnement. Ils sont aussi contraints à une traçabilité de plus en plus précise. Le projet proposé a pour objectif général d'améliorer les pratiques agricoles dans un souci de développement durable. Il s'agit de diminuer la quantité utilisée et l'impact sur l'environnement des produits phytosanitaires aussi bien en agriculture conventionnelle qu'en agriculture biologique. Un système électronique développé dans le cadre du projet LIFE AWARE<sup>1</sup> permet de visualiser plusieurs paramètres lors de l'application des produits phytosanitaires. Le but recherché est d'amener les agriculteurs et les applicateurs à utiliser les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) comme des outils leur permettant d'optimiser l'utilisation des intrants lors de la pulvérisation sans nuire à la rentabilité des exploitations. Il s'agit de leur donner les moyens de mieux maîtriser l'utilisation des produits phytosanitaires. Le système TICSAD développé dans le cadre du projet Casdar TICSAD permet une économie de 5 à 15% de produit. Il permet en temps réel de surveiller la pulvérisation et de gagner du temps et de la précision pour l'enregistrement des opérations. Le projet démontre que 31% des traitements sont réalisés avec une bouillie mal dosée.

Concernant les formations mises en œuvre, elles promeuvent les outils existant (GPS, SIG...). Une formation d'une semaine permet aux élèves de BTS de s'initier et d'apprécier les potentialités offertes par l'utilisation des (Systèmes d'Information Géographique) SIG, GPS, ordinateurs de poche et smartphones dans la gestion d'une exploitation agricole. Pour les adultes, il leur est proposé une spécialisation de 5 mois sur ces mêmes outils. Ils sont ainsi à même de proposer ces compétences aux structures agricoles souhaitant se doter de ces technologies pour mieux gérer leurs activités.

**Mots-clés** : Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), Produits phytosanitaires, Diminution des produits phytosanitaires, Technologies innovantes, Agriculture durable

### Abstract: New technologies to reduce the use of pesticides and their environmental impacts

The farmers became aware of the impact of the phytosanitary products on the environment. They are also forced to a more and more precise traceability. The proposed project has for general objective to improve the agricultural practices in a concern of sustainable development. It is a question of decreasing the used quantity and the impact on the environment of phytosanitary products as well in conventional agriculture as in organic farming. An electronic system developed within the framework of the project LIFE AWARE allows to visualize several parameters during the application of the phytosanitary products. The purpose is to bring the farmers and the applicators to use the Information and Communication Technologies (ICT) as tools allowing them to optimize the use of products during

---

<sup>1</sup> AWARE = A Water Assessment to Respect the Environment ([www.lifeaware.org](http://www.lifeaware.org))

the spraying without damaging the profitability of the operations. It is a question of giving them the opportunity to better use phytosanitary products. The TICSAD system developed within the framework of the project CASDAR TICSAD allows an economy from 5 to 15% of product. It allows in real time to watch the spraying and to save time and to increase the precision for the recording of the operations. The project demonstrates that 31% of treatments are realised with a badly measured porridge.

The trainings implementing promote existing tools (GPS...). A training lasting a week allows the students to learn and to estimate the potentialities offered by the use of the SIG and pocket computers in the management of a farm. The adults get a specialisation of five months on the same tools. With this formation, they can propose these skills to agricultural structures wishing to manage better their activities with a GIS.

**Keywords** Information and Communication Technologies, phytosanitary products, decrease of the phytosanitary products, Innovative technologies, Sustainable agriculture

## Introduction

La viticulture et l'arboriculture sont parmi les cultures les plus importantes dans le sud de la France. Ce sont les cultures les plus fortes consommatrices de produits phytosanitaires par unité de surface. Dans le rapport Ecophyto R&D (INRA, janvier 2010) il est mentionné que la baisse de pression pesticide (économiquement envisageable) estimée en viticulture ne serait que de 37% et la baisse de production (en valeur) serait de 24%. Dans ces conditions, pour l'Arc méditerranéen, les objectifs d'Ecophyto ne pourraient jamais être atteints du fait de la prépondérance des superficies en vigne. Un des moyens pour réduire leur utilisation est d'améliorer la qualité de pulvérisation. Les moyens techniques et les pulvérisateurs actuellement utilisés en viticulture et en arboriculture ne permettent pas une utilisation précise des produits phytosanitaires : réglages difficiles (dose/hectare, localisation sur la cible, dérive...), configuration des machines... Certes, il existe sur le marché des pulvérisateurs dotés de nouvelles technologies, mais ils représentent un investissement trop important pour des exploitations majoritairement en difficulté financière et l'offre reste confidentielle en cultures pérennes car plutôt orientée vers les grandes cultures. A cela, s'ajoute une situation économique qui limite le renouvellement du parc de pulvérisateurs car l'acquisition de matériel neuf n'est pas envisageable pour bon nombre d'exploitations. En moyenne un viticulteur renouvelle son pulvérisateur tous les 13 ans. Il faut donc innover à faible coût pour optimiser le parc de matériel existant.

Les TIC sont en plein essor. Mais aujourd'hui, seuls quelques coopératives et agriculteurs, férus d'informatique, utilisent des Systèmes d'Information Géographiques (SIG), des GPS, des ordinateurs de poche etc. dans leur activités quotidiennes. Pour les autres, le fossé à franchir pour se les approprier est grand. Leur utilisation nécessite en effet un certain niveau de compétence qui peut être acquis par le plus grand nombre grâce à la formation. L'offre de formation reste toutefois insuffisante, tant en formation initiale, qu'en formation continue. Pourtant, la demande de connaissances de la part de la profession agricole des potentialités et de l'utilisation des TIC ne cesse de croître.

C'est dans ce contexte que le Cemagref/IRSTEA a développé en partenariat avec des professionnels agricoles dans le cadre du projet européen LIFE AWARE (2005-2009), une technologie innovante pour l'utilisation des produits phytosanitaires. Il s'agit, au travers du projet TICSAD, de la mettre à la disposition des agriculteurs à grande échelle.

Ce projet s'articule autour de trois volets dont les objectifs sont les suivants :

1. analyser les besoins et les freins à l'utilisation des TIC au moyen d'une étude socioéconomique auprès de tous les acteurs : agriculteurs et organisations de producteurs, représentants de la profession agricole, équipementiers ... ;

2. valider et fiabiliser le prototype AWARE sur des sites de démonstration en agriculture conventionnelle et biologique. Il s'agit d'amorcer le transfert vers la profession de cet outil issu des TIC et mis au point par la recherche
3. améliorer les pratiques d'utilisation des phytosanitaires par l'utilisation des TIC en général et du prototype AWARE en particulier. Trois étapes sont prévues :
  - a. sensibiliser et communiquer par la démonstration et l'information
  - b. adapter les formations aux besoins en compétences des futurs utilisateurs des TIC
  - c. former les différents acteurs. Il s'agira de mettre en place des formations tant au niveau initial pour un public d'élèves et d'étudiants que continu, à destination des agriculteurs, des professionnels de l'application et des acteurs chargés du développement au sein des structures de développement agricole. Ces formations s'appuieront sur des outils innovants mettant à profit les possibilités offertes par les TIC.

## **1 Analyse des besoins et des freins à l'utilisation des TIC au moyen d'une étude socioéconomique auprès de tous les acteurs**

L'analyse est conduite pour connaître l'état de l'existant en viticulture et en arboriculture sur :

- l'utilisation des TIC comme des outils permettant de limiter l'impact des produits phytosanitaires ;
- les exigences de la filière sur l'amélioration en général des pratiques agricoles et de leur traçabilité ;
- les besoins en formation initiale et continue pour une utilisation de terrain des TIC pour une agriculture durable.

Les résultats permettront d'orienter, d'ajuster et d'adapter le projet aux besoins et aux réticences (freins).

Quatre catégories d'enquêtés sont sélectionnés :

- les prescripteurs sont des intermédiaires entre les chambres d'agriculture et les agriculteurs. Cette position leur offre une vision plutôt large du secteur agricole et ils sont à même de comprendre les changements que peut susciter l'introduction des nouvelles technologies en agriculture ;
- les agrofournisseurs principaux distributeurs des outils innovants ;
- les coopératives et groupements de producteurs représentent le lien existant entre la profession agricole et son environnement (clients/consommateurs). Cela permet de faire la jonction entre les attentes des uns (clients) et les possibilités des autres (producteurs) et d'en mesurer les impacts sur la profession ;
- les agriculteurs, premiers utilisateurs de ces outils.

Elle consiste en une série d'entretiens orientés par un questionnaire guidé.

Il en ressort que ces outils innovants sont des solutions envisagées pour répondre partiellement ou totalement aux contraintes grandissantes de l'agriculture. D'autre part il est important de mettre l'accent sur trois éléments qui semblent déterminants dans l'utilisation des outils innovants agricole. Il s'agit de la formation, de l'information, de la vulgarisation technique et de l'accessibilité financière de ces outils.

### *1.1 Mettre l'accent sur la formation et l'information*

Face à des exigences de plus en plus contraignantes, les agriculteurs demandent des formations permettant de relier les solutions techniques existantes avec les outils innovants de manière à définir les stratégies d'action et les perspectives de développement dans une logique d'amélioration continue.

La démarche d'information s'assimile davantage à une veille stratégique avec pour objectif d'offrir la possibilité de choisir parmi un grand nombre de solutions existantes. Cela confère une plus grande liberté d'actions et permet d'opter pour la meilleure solution à court terme et dont les répercussions négatives seront les moins importantes à long terme.

La vulgarisation technique passe par :

- des échanges entre les concepteurs et les prescripteurs (les chambres d'agriculture, les prescripteurs, les CUMA...) pour rendre accessibles ces outils,
- des démonstrations proposées aux agriculteurs.

### *1.2 Accessibilité technique de l'outil*

Il est important que les agriculteurs légitiment le rôle qu'ils souhaitent tenir dans la réduction des contraintes de l'agriculture et le changement pour des pratiques plus durables.

Cela passe par la capacité à fournir des preuves tangibles des apports positifs de ces outils. Il s'agit d'évaluer les avantages et les inconvénients de ces outils à travers des retours d'expériences dans le cadre de « sites pilotes » et agriculteurs volontaires. L'objectif est de fournir, après avoir testé ces outils, des données chiffrées sur plusieurs années qui permettront de convaincre les acteurs les plus réfractaires.

### *1.3 Accessibilité financière*

Le frein économique est important surtout dans les régions agricoles à faibles revenus.

Il ne faut pas espérer un succès fulgurant de ces outils et un emploi élargi à l'ensemble de la profession dans le contexte actuel. L'introduction des outils innovants évoluera au rythme des possibilités d'acquisition et des besoins de ces outils. Cette notion de besoin est importante dans la mesure où l'absence d'une demande concrète de ces outils ne joue pas en faveur de la stratégie de transfert des outils innovants. Ils persisteront à garder l'image de « gadgets » répondant davantage à une satisfaction intellectuelle qu'à un besoin réel.

Ils ont probablement un rôle à jouer dans le passage vers une agriculture durable. Cependant, ils ne sont en aucun cas un facteur déclencheur du changement en question. C'est avant tout et par définition, des instruments mis en place pour soutenir une démarche de changement.

## **2. Déployer des outils d'optimisation dans l'utilisation des produits phytosanitaires (quantités impacts, traçabilité)**

Il s'agit de donner les moyens aux agriculteurs de mieux gérer l'utilisation des produits phytosanitaires.

## 2.1 Utiliser, optimiser et valider le prototype AWARE baptisé système TICSAD dans ce projet

### 2.1.1 L'outil

D'une part le système électronique développé dans le cadre du projet LIFE AWARE permet de visualiser plusieurs paramètres clés lors de l'application des produits phytosanitaires. Ces données de traçabilité sont collectées (débit gauche et droit, niveau de cuve et données météorologiques) et géoréférencées (via un GPS embarqué). Les différents éléments de l'outil sont illustrés en Figures 1 à 4.



Figure 1 : Monitoring et enregistrement



Figure 2 : Station météo & GPS



Figure 3 : Débitmètre

Source des photos : IRSTEA



Figure 4 : Niveau de cuve

De plus un logiciel baptisé « logiciel TICSAD », permet de préparer les tâches sur un outil de gestion du parcellaire puis de visualiser tous les paramètres enregistrés sur le boîtier pendant le traitement. Il permet une analyse *a posteriori* du traitement et la réalisation de cartes d'application des produits phytosanitaires à l'échelle de la parcelle avec un affichage ludique permettant une analyse immédiate de la qualité des traitements. En outre, le logiciel réalise automatiquement l'édition du cahier parcellaire.

### 2.1.2 L'utilisation de l'outil

L'objectif est de transférer cette technologie vers la profession agricole et de l'éprouver avec différents utilisateurs sur les différents sites des partenaires caractérisés par des vignes et vergers de structures différentes, par des bassins de production différents et sur le désherbage.

Dix-huit prototypes sont installés par le CEMAGREF/IRSTEA sur des exploitations en agriculture conventionnelle ou biologique. Les pulvérisateurs sont réglés en début de campagne. Les enregistrements analysés et interprétés après les applications (Figures 5 et 6).

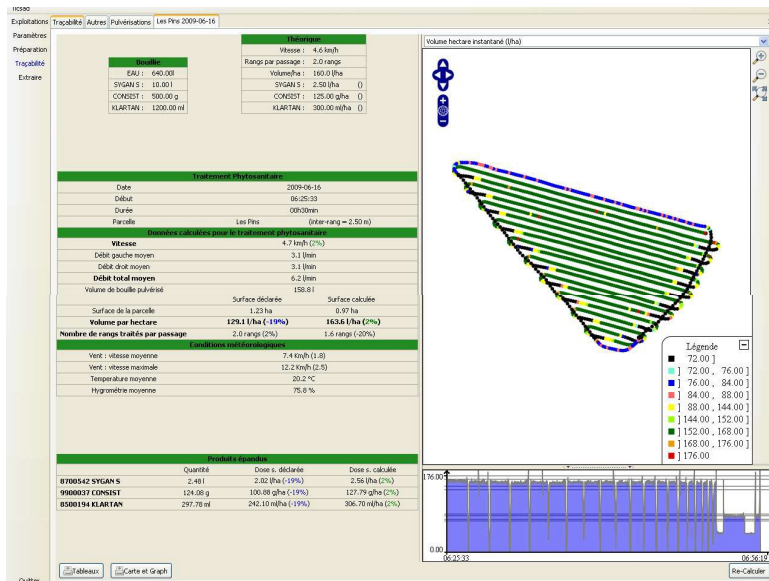
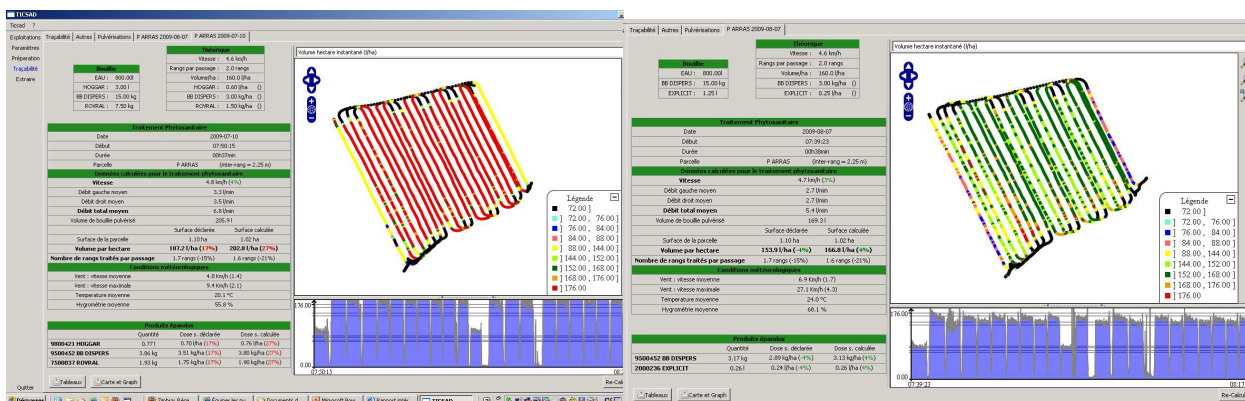


Figure 5 : Exemple d'un traitement parfaitement réalisé : concordance avec les objectifs (volume/hectare de bouillie, dosage/ha des produits, nombre de rang par passage) et équilibre des débits droit et gauche.

Figure 6 : Exemple d'un traitement présentant un surdosage ....

... et amélioration de la qualité du traitement après analyse du précédent traitement et réglage du pulvérisateur



429 enregistrements ont pu être ainsi analysés. En comparant les réglages voulus au départ par les agriculteurs et ce qui est réellement réalisé, il en ressort que :

- 25 % des traitements sont surdosés de plus de 10 % ;
- 23 % des traitements présentent une différence de débits > à 10 % entre la rampe gauche et la rampe droite, certains rangs sont ainsi mal traités ;
- 31 % des traitements ont été réalisés avec une bouillie mal dosée ;
- 50 % des traitements ont été réalisés dans des conditions climatiques peu favorables ( $T^{\circ} > 25^{\circ}$  et vent  $> 12$  km/h).

En donnant des informations précises sur les traitements, le Système TICSAD permet donc d'améliorer en temps réel et *a posteriori*, les pratiques d'application des produits phytosanitaires.

### 2.1.3. Réalisation d'un outil qui génère automatiquement un cahier parcellaire des pratiques de pulvérisation

Pour améliorer l'outil, il est nécessaire d'automatiser le transfert des données enregistrées par le dispositif TICSAD et de renseigner systématiquement un cahier informatique des opérations culturales.

L'enregistrement des données géoréférencées du système permet de répondre aux exigences croissantes de traçabilité. L'automatisation de l'enregistrement des interventions culturales soulage les agriculteurs d'une tâche fastidieuse. Elle apporte aussi plus de précision en évitant les erreurs.

La mise au point de cette « automatisation » a été testé avec l'outil de traçabilité existant : "**Mes p@rcelles®**" développé par les Chambres d'Agriculture.

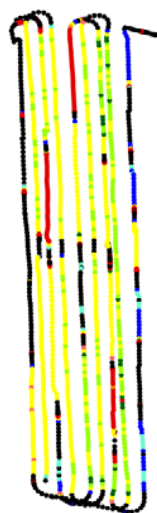
La Chambre d'agriculture a confirmé la faisabilité technique du transfert automatique des données enregistrées par les systèmes vers le progiciel "**Mes p@rcelles®**" de traçabilité via un module d'import et d'export des données au format AgroEDI.

## 2.2 Importance de la qualité de la pulvérisation sur la protection phytosanitaire en verger de pommiers

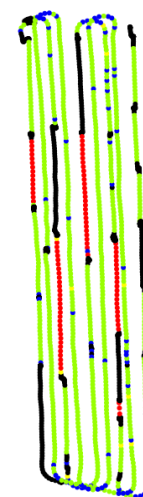
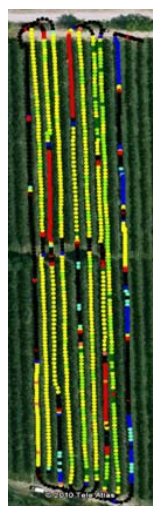
Cette action a pour objectif de montrer l'importance de la qualité de pulvérisation en corrélant la répartition intra parcellaire d'un bio agresseur avec la qualité de la pulvérisation visualisable par le Système TICSAD. La mise en œuvre de l'action consiste à corréliser la cartographie des débits pulvérisés donnée par le Système TICSAD avec la cartographie des dégâts observés sur le verger de pommiers. L'application est réalisée au CEHM (Centre Expérimental Horticole de Marsillargues, Hérault) en verger de pommiers.

Le pulvérisateur est déréglé en cours de traitement dans le but d'obtenir une répartition hétérogène de la bouillie. Des incidents de pulvérisation (buses bouchées, mauvais réglage des débits, de la pression, de la vitesse, etc.) sont ainsi simulés. Le logiciel TICSAD permet d'obtenir une carte de la répartition de la bouillie. La localisation sur la parcelle des bioagresseurs (ex : tavelure – *Venturia inaequalis*) et leur développement sont réalisés par des observations géoréférencées au verger.

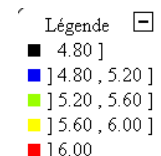
### 2.2.1. Résultats



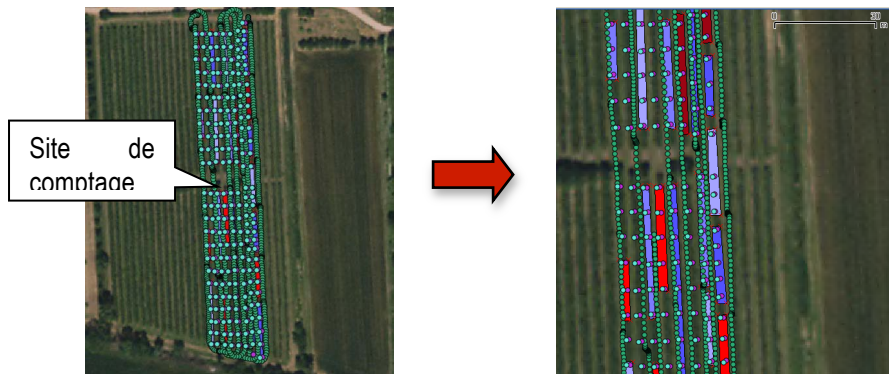
Débits (en l/ha) et reports sur le fond de carte IGN



Vitesse d'avancement (km/h)

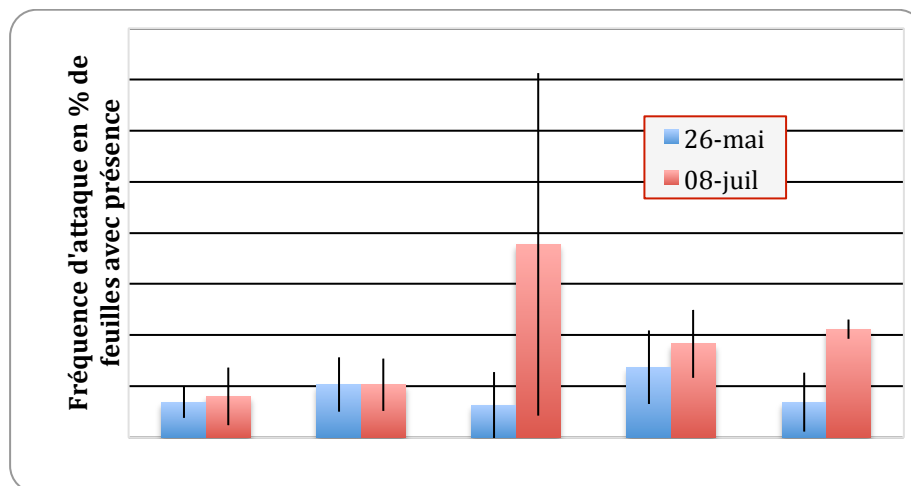






**Figure 7** : Les caractéristiques des traitements Tavelure sont enregistrées. Les zones colorées correspondent à des traitements.

Les éléments de pulvérisation sont enregistrés (Figure 7). Les zones avec qualité de pulvérisation dégradée sont repérées d'après les enregistrements du système TICSAD et reportés sur le fond cartographique. Les comptages de dégâts de tavelure sont réalisés systématiquement un arbre sur cinq sur tous les rangs.



**Figure 8** : Résultats des comptages de fréquence de tavelure selon les conditions de pulvérisation.

Le 8 juillet, les écarts ne sont pas statistiquement différents mais les résultats sont cohérents en tendance. La modalité témoin (traitement non dégradé) présente le meilleur résultat alors qu'une rampe bouchée (1 côté fermé) est logiquement la moins bonne modalité. On observe cependant une forte variabilité entre les résultats des différentes répétitions.

Alors qu'une vitesse lente devrait augmenter les dépôts sur la végétation et donc l'efficacité, on observe dans cette modalité, plutôt plus de tavelure que dans le témoin. Ces expérimentations sont à poursuivre pour confirmer les résultats en forte pression de maladies

### **2.2.2. Conclusion**

La méthodologie mise au point permet d'envisager une autre approche de l'expérimentation. En effet la traçabilité rendue possible par le système TICSAD permet de revenir sur le terrain et de faire un lien entre les dégâts au champ et les pratiques de pulvérisation. Ce diagnostic permet d'identifier et de caractériser des pratiques, volontaires ou non, et d'en quantifier les conséquences technico-économiques.

### **3 Information, sensibilisation et formation à l'utilisation des Technologies de l'Information de la Communication (TIC) pour une agriculture durable**

Les professionnels agricoles doivent être sensibilisés et formés à l'utilisation des TIC comme des outils de performance technique, économique, et environnementale. Ces outils sont : la géomatique, les logiciels professionnels agricoles, les outils d'aide à la décision, les nouveaux outils technologiques (GPS, capteurs embarqués, ordinateurs de poche, smartphones...). Cette action constitue le moyen opérationnel essentiel pour atteindre l'objectif principal du projet, à savoir amener les agriculteurs à exploiter les potentialités des TIC pour améliorer leurs pratiques agricoles pour la mise en place d'une agriculture durable.

#### *3.1 Formation à l'utilisation des TIC – Formation courtes et longues, initiales et continues*

Concrètement, il s'agit de créer différents dispositifs de formation : des Module d'Initiative Locale (MIL) en BTSA, une licence professionnelle, une Spécialité d'Initiative Locale (SIL) et des stages de courte durée pour les agriculteurs, les entrepreneurs de travaux agricoles et les techniciens chargés du conseil et de la formation des agriculteurs. Ces formations s'appuient sur des sites pilotes et de démonstrations.

##### **3.1.1. MIL SIG**

Cinq jours de formation sont proposés à l'utilisation des SIG, GPS et ordinateurs de poche. Afin d'essayer et d'encourager les autres établissements de formation agricole à proposer cette formation à leurs étudiants, l'ensemble des éléments nécessaires à sa mise en œuvre sont disponibles : le programme pédagogique, les cours en salle, les TP en salle informatique avec les tutoriels et les couches d'informations géographiques et les évaluations.

##### **3.1.2. SIL TICSAD**

L'objectif de cette formation de 6 mois est de spécialiser des demandeurs d'emploi de niveau Bac+2 aux nouvelles technologies utilisables pour une agriculture durable. Il s'agit de leur faire acquérir des compétences dans la connaissance, l'utilisation et le conseil d'outils issus des nouvelles technologies : SIG, GPS, ordinateurs de poche, solutions informatiques de traçabilité, capteurs embarqués, automatisation... La première formation a eu lieu en avril 2010.

##### **3.1.3. Cours sur les « TICSAD »**

Plusieurs cours de 2 heures sont dispensés à l'EPLEFPA F Bazille de Montpellier, à destination des élèves et étudiants de terminales et de BTS. Un cours plus détaillé de 4 heures est réalisé dans le cadre du module sur les biotechnologies et nouveaux outils pour la protection des plantes pour des étudiants en dernière année de formation d'ingénieur agronome sur le site de Grignon d'AgroParisTech.

#### *3.2. Soirées techniques dans les lycées agricoles partenaires*

Ces soirées sont organisées par les Chambres d'agriculture et les EPLEFPA sur les exploitations des lycées agricoles à destination des professionnels agricoles et des apprenants. Les interventions en salle et les démonstrations techniques sur le terrain ont permis aux agriculteurs, étudiants et formateurs présents de se former aux bonnes pratiques de pulvérisation (Figure 10).

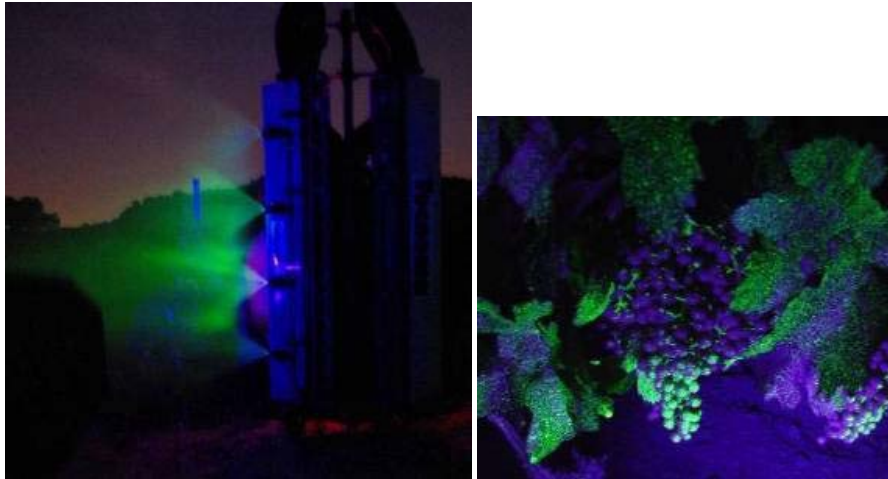


Figure 10 : Visualisation de la pulvérisation avec de la fluorescéine

## En conclusion

Les services rendus par les TIC et dans ce cas précis par le prototype initial AWARE ont progressé pour aboutir au terme du projet à un outil commercialisable. Les formations mises en place confortent les agriculteurs et les apprenants dans l'importance d'un bon réglage et d'un bon entretien du pulvérisateur tant pour diminuer les impacts et les quantités utilisées de produits phytosanitaires, que pour avoir une bonne efficacité sur les bioagresseurs.

L'addiction à TICSAD des viticulteurs ayant testé l'outil de traçabilité a montré la pertinence de telles innovations. Un travail d'appropriation et de sensibilisation des constructeurs permettrait de vulgariser cette technologie.

Pour améliorer la qualité de pulvérisation, d'autres prototypes sont en cours de développement. Le système de dosage automatique des spécialités commerciales est en cours d'étude. Les dispositifs de rinçage automatisés sur les pulvérisateurs permettent de mettre en évidence l'importance de la configuration du pulvérisateur sur la quantité de résidus.

Ce projet a relancé la dynamique autour de l'optimisation du fonctionnement des pulvérisateurs et du déploiement des technologies de l'information et de la communication pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires et leurs impacts sur l'environnement. Des progrès sont possibles grâce à la mise en place de formations initiales et continue dans ces domaines.

## Références bibliographiques

Ait Oumeziane Rym (2009). Etude socio-économique sur l'introduction des outils innovants en agriculture [http://www.legrenelle-environnement.fr/grenelleenvironnement/IMG/pdf/G4\\_Synthese\\_Rapport.pdf](http://www.legrenelle-environnement.fr/grenelleenvironnement/IMG/pdf/G4_Synthese_Rapport.pdf), 56p.

Baudart C., 2006. Farmstar : l'agriculture vue du ciel. Perspectives Agricoles 323, 62-63.

Boisgontier D., Renoult L., Larreur J. et al., 2005. L'agriculture par satellite : GPS, à chaque application sa précision. Perspectives Agricoles 316, 46-48.

Boloh Y., 2006. WIFI : Communiquer vite, simple et pas cher. Perspectives Agricoles 320, 48-49.

Bonicelli B, Naud O., Rousset S., Sinfort C., De Rudnicki V., Lescot, J.M., Ruelle B., Scheyer L., Cotteux E., 2010. The challenge for precision spraying AgEng 2010: International Conference on Agricultural Engineering, Clermont-Ferrand, FRA, 06/09/2010.

Bousquet N., 2005. L'info en direct : Le potentiel d'un téléphone portable. Perspectives Agricoles 317, 40-41

Butault J.P., Dedryver C.A., Gary C., Guichard L., Jacquet F., Meynard J.M., Nicot P., Pitrat M., Reau R., Sauphanor B., Savini I., Volay T., 2010. Ecophyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? Synthèse du rapport d'étude, INRA Editeur (France), 90 p.

Cobacho A., Abdelhakim T., 2008. Document préparatoire volume I et II. Prédiagnostic d'une zone rurale et analyse des données. 14 Octobre 2008. Document non publié disponible au CIHEAM-IAM (Montpellier).

De Rudnicki V., Ruelle B., Scheyer L., Coustillères A., 2010. Embedded NICT\* tools and traceability to control phytochemical treatments, AgEng 2010: International Conference on Agricultural Engineering, Clermont-Ferrand, FRA, 06/09/2010.

De Rudnicki V., Ruelle B., Douchin M., 2007. Optimiser les pratiques de pulvérisation en vigne avec les TIC pour limiter la contamination de l'environnement. Actes du colloque Euroviti 2007, pp. 141-148.

Roudier P., 2009. Zonage intra-parcellaire guidé par les contraintes opérationnelles. Disponible en ligne <https://itap.cemagref.fr/theses/these-pierre-roudier/>.

Scheyer L., 2008. Le point sur les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) au service d'une agriculture durable. Document non publié disponible au Cemagref/IRSTEA (Montpellier).

Tisseyre B., Ojeda H., Taylor J., 2007. New technologies and methodologies for site-specific viticulture. J. Int. Sci. Vigne Vin 41, 63-76.

VIVEA, FAFSEA (2007). Gestion et utilisation des produits phytosanitaires – Enjeux compétences / Formation pour les exploitants, chefs d'entreprise agricole et de travaux, salariés. Rapport d'enquête. 34p.

Les technologies de l'information et de la communication : industrie, services et commerce de gros en chiffres. 2005. Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie. Ed 2005. Montreuil : SESSI (Service des études et des statistiques industrielles).