

Interreg Sudoe



RAPPORT DE SUIVI EXPERIMENTAL DES SITES

E.2.1.2

31/12/2018

GT2

Partenaires principaux impliqués : INRA Bordeaux-Aquitaine et IRTA

En association et collaboration étroite avec : Université de Bordeaux, Martin Codax, SCA-Les Vignerons de Buzet

1) Le programme VINOVERT GT2 : Grands principes méthodologiques 2017

a) L'exemple du sud Ouest de la France

- i) Principe méthodologique du Dispositif VINOVERT en 2017
- ii) Principe d'appariement des parcelles en couples agronomiquement comparables, sauf pour la pression de traitements pesticides reçus : l'exemple du sud Ouest de la France
- iii) Suivis des maladies et ravageurs dans les parcelles : l'exemple du sud Ouest de la France
- iv) Mesure d'autres indicateurs globaux : l'IFT : l'exemple du sud Ouest de la France
- v) Mesure d'autres indicateurs globaux : les RENDEMENTS : ex. sud Ouest France
- vi) Mesure d'autres indicateurs globaux : qualités des moûts et des vins : ex. sud Ouest France
- vii) Récapitulatif / conclusion de toutes les mesures réalisées en 2017 dans Sud Ouest France

b) Variations des principes méthodologiques avec les deux autres réseaux expérimentaux en Espagne

2) Résultats

a) Résultats épidémiologiques

- i) Pressions multipestes dans le Sud-Ouest France
- ii) Pressions multipestes en Catalogne
- iii) Pressions multipestes en Galice
- iv) Conclusion sur le suivi des bioagresseurs dans les trois régions

b) Résultats agronomiques

- i) Rendements dans le Sud Ouest de la France
- ii) Rendements en Catalogne
- iii) Rendements en Galice
- iv) Analyse sur trois régions : mise en relation des dégâts multipestes sur grappes avec le taux de réalisation du rendement

c) Résultats sur la pression phytosanitaire (IFTs) et variables viticulteur

- i) Pression phytosanitaire (IFTs) dans le Sud Ouest de la France
- ii) Pression phytosanitaire (IFTs) en Catalogne
- iii) Pression phytosanitaire (IFTs) en Galice
- iv) Analyse sur trois régions : pression d'utilisation des pesticides de synthèse
- v) Analyse sur trois régions : relation entre la pression d'usage des pesticides (IFT) et l'indicateur de pression parasitaire multipestes "AIDB"

d) Résultats œnologiques

- i) Caractéristiques des moûts et des vins élaborés dans le Sud Ouest de la France
- ii) Caractéristiques des moûts et des vins élaborés en Catalogne
- iii) Caractéristiques des moûts et des vins élaborés en Galice
- iv) Analyse à trois régions : relation entre les attaques de bioagresseurs et la qualité œnologique

3) Conclusions générales

1) Le programme Viovert GT2 : Grands principes méthodologiques 2017

a) L'exemple du sud Ouest de la France

i) Principe méthodologique du Dispositif Viovert en 2017

Le programme Viovert a été déployé en 2017 dans la région bordelaise et de Buzet (sud-ouest de la France). Il utilise un **réseau de sept couples de parcelles de Merlot**, chez des viticulteurs en réelles conditions de production (parcelles en exploitation économique). Aucune modification expérimentale n'a été exigée des viticulteurs. Trois terroirs sont représentatifs de la zone d'étude : celui du Buzet (à proximité d'Agen), celui des Graves (Sud de Bordeaux) et celui de l'Entre deux mers (entre la Dordogne et la Garonne).

Tableau I. Liste des parcelles du réseau bordelais

Couples de parcelles	Noms des parcelles
Buzet 1	Buz4159
	Buz4158
Buzet 2	Buz236
	Buz4155
Buzet 3	Buz3885
	Buz336-337
Espiet 1	Camiac
	Bonfils
Espiet 2	Espiet6R
	Camiac_Daraignes
Sauveterre	Sauveterre_B
	Sauveterre_H
ResInBio	ResInBio_B
	ResInBio_H

ii) Principe d'appariement des parcelles en couples agronomiquement comparables, sauf pour la pression de traitements pesticides reçus : l'exemple du sud Ouest de la France

Les parcelles ont été sélectionnées et appariées en fonction de leurs caractéristiques agro-pédo-climatiques très similaires (cf. Tableau suivant).

Ainsi les couples sont formés de **porte-greffes comparables**, avec une vigueur conférée similaire, sont **d'un âge de parcelle proche**, sont palissées, et **distantes l'une de l'autre de 100m maximum**.

Seules les stratégies de protection diffèrent entre les deux parcelles d'un couple : **chaque couple est composé d'une parcelle à faible IFT et d'une parcelle à fort IFT**.

Tableau II. Liste des parcelles du réseau bordelais

Nom INRA Couple	Nom parcelle	IFT faible/fort appellation SAVE	Bio / conventionnel	nature sol	mode conduite	densité	orientation des rgs	Age	pg	VITICULTEUR REFERENT
Buzet 1	Buz4159	Faible	Intégré / conventionnel	limoneux	guyot	4132	Nord-Sud	41	101-14	Domaine Expé vigneron Buzet
	Buz4158	Fort	Intégré / conventionnel	limoneux	guyot	4132	Nord-Sud	41	420A	Domaine Expé vigneron Buzet
Buzet 2	Buz236	Faible	Intégré / conventionnel	limono-graveleux	guyot	4132	Est-ouest	41	101-14	Domaine Expé vigneron Buzet
	Buz4155	Fort	Intégré / conventionnel	gravelo-limoneux	guyot	4132	Est-Ouest	43	SO4	Domaine Expé vigneron Buzet
Buzet 3	Buz3885	Faible	Intégré / conventionnel	Boulbene (argile + sable)	guyot	5000	Nord-Sud	23	420A	Castera
	Buz336-337	Fort	Intégré / conventionnel	Boulbene	guyot	5000	Nord-Sud	55	inconnu	Castera
ResInBio	ResInBio_B	Faible	BIO	graves	guyot	6580	Nord-Sud	6	3309C	INRA
	ResInBio_H	Fort	Intégré / conventionnel	graves	guyot	6580	Nord-Sud	6	3309C	INRA
Espiet 1	Camiac_Daleas	Faible	BIO	argilo-calcaire	guyot	3333	Nord-Sud	36	3309	Daleas
	Bonfils-DARAIGNES	Fort	Intégré / conventionnel	Limon	guyot	3333	Nord-Sud	25	SO4	Daraignes
Espiet 2	Espiet6R	Faible	BIO	argilo-calcaire	guyot	3333	Est-ouest	18	3309	Daleas
	Camiac_Daraignes	Fort	Intégré / conventionnel	argileux	guyot	3333	Est-ouest	16	SO4	Daraignes
Sauveterre	Sauveterre_B	Faible	Intégré / conventionnel	argileux	guyot	3333	SudOuest / NordEst	20	inconnu	Cave Coop. Sauveterre
	Sauveterre_H	Fort	Intégré / conventionnel	argileux	guyot	3333	Nord-Sud	20	inconnu	Cave Coop. Sauveterre

iii) **Principe de suivis des maladies et ravageurs dans les parcelles : l'exemple du sud Ouest de la France**

Au sein de chaque parcelle, un tirage aléatoire de cinq placettes (dites « placettes initiales ») de dix ceps consécutifs chacune, est fait selon un plan préalablement établi. Ces placettes donnent lieu aux **relevés de terrain à trois stades : floraison, véraison, récolte**.

Les bioagresseurs principaux aériens : Mildiou, Oïdium, Pourriture et Tordeuses ont été mesurés au vignoble, comme indiqué dans la publication : Fermaud et al, Australian J. Wine Grape Res., 2016. Pour des raisons pratiques, le nombre de tordeuses a été mesuré uniquement sur trois placettes sur cinq dans chaque parcelle par la méthode de la saumure.

Du fait de la fréquence parfois rare, **des maladies du bois**, il a été nécessaire de compléter le dispositif en ajoutant cinq autres placettes, réparties de manière aléatoire (dites « extra-placettes »), de 20 ceps contigus chacune. Un recensement de l'état des ceps a ensuite été fait, en distinguant les complants des ceps atteints d'Esca ou d'Eutypiose, les pieds présentant une partie du bois mort (un bras mort ou amputé), les pieds morts ou absents. La notation des symptômes de maladies a été faite sur la base d'observations visuelles à l'aide d'une échelle de sévérité représentant le pourcentage de grappes ou de feuillage atteints. Les maladies du bois sont quant-à-elles relevées sur l'ensemble des placettes, à la différence des maladies cryptogamiques (le mildiou, la pourriture grise et l'oïdium) et ravageurs (les tordeuses) qui ne sont pris en compte qu'au sein des parcelles initiales.

iv) **Principe de mesure d'autres indicateurs globaux : l' IFT : l'exemple du sud Ouest de la France**

Concernant la protection des vignes, **le calendrier des traitements sur la saison pour chaque parcelle a été demandé aux viticulteurs pour calculer l'IFT** de chaque parcelle. Concernant les stratégies de protection, les IFTs totaux et les IFTs hors produits de bio-contrôle sont calculés. De plus, les parts respectives des herbicides, des fongicides et des insecticides sont précisées. A savoir également que pour le nombre de passages par catégories d'intrants, une date équivalait à un passage (ex : deux produits passés le même jour valent un passage et non pas deux).

v) **Principe de mesure d'autres indicateurs globaux : les RENDEMENTS : l'exemple du sud Ouest de la France**

Pour le rendement, les nombre de grappes et grappillons ont été dénombrés au moment de la pré-véraison sur 50 grappes prises aléatoirement. Nous obtenons ainsi la **charge par cep**. A partir du poids de récolte par cep et du nombre de grappes et grappillons par cep, il a été déduit le poids moyen d'une grappe par placette. Le rendement moyen a été calculé à partir du rendement donné par les viticulteurs et celui estimé à partir des mesures de terrain. Les rendements espérés et réels sont, respectivement, le rendement attendu par le viticulteur pour sa parcelle et le rendement obtenu à la récolte 2017. Ces différents paramètres de rendement permettent de calculer le taux de réalisation (YAR = « rate of achievement of the yield »), soit le ratio entre le rendement espéré et le rendement réel multipliée par 100. A noter : l'absence de données de rendements réels pour les parcelles de Sauveterre nous a contraint de les calculer de façon théorique à partir d'une moyenne de rendement des autres parcelles à densité similaire et sans effet du gel car la parcelle Sauveterre n'a pas gelé durant la saison.

En bref, les rendements ont été soit calculés et/ou obtenus de deux façons différentes :

- 1) **par la multiplication de la charge par la masse moyenne d'une grappe (rendement mesurés par les équipes VINOVERT) ;**
- 2) **par enquête auprès des viticulteurs pour les rendements réels et espérés.**

vi) **Principe de mesure d'autres indicateurs globaux : les qualités des moûts et des vins : l'exemple du sud Ouest de la France**

Les paramètres œnologiques des moûts ont été mesurés à la vendange par le laboratoire SARCO (prestation de service). Pour les vins, la méthodologie sera indiquée dans le livrable les concernant. Les variables intégrées dans l'étude sont listées dans le tableau ci-dessous :

vii) **Récapitulatif / conclusion de toutes les mesures réalisées en 2017 dans le Sud Ouest France**

Tableau II. Liste des toutes les variables du dispositif Vinoverd bordelais

Noms des variables	Définitions	Unités	Stade de mesures
Poids_grappe	Poids moyen d'une grappe	Kg	Récolte
Poids_grappillons	Poids moyen d'un grappillon	Kg	Récolte
Poids_100baies	Poids pour 100 baies	Grammes	Récolte
Rdt_moyen INRA-Viti (HY)	Moyenne entre le rendement réel du viticulteur et le rendement calculé par l'INRA	T/ha	Récolte
Rdt_espéré	Rendement attendu par le viticulteur	T/ha	
YAR	Différence entre le rendement réel et le rendement attendu du viticulteur		Récolte
Nb_grappillons/cep	Nombre de grappillons par cep		Pré-véraison
Nb_grappes/cep	Nombre de grappes par cep		Pré-véraison
Nb_baies/grap	Nombre de baies par grappe		
IFT_total	Indice de Fréquence de Traitements Total		Récolte
IFT_hors_biocontrôle	Indice de Fréquence de Traitements sans les produits de biocontrôle		Récolte
IFT_herbi	Indice de Fréquence de Traitements des herbicides seuls		Récolte
IFT_Fongi	Indice de Fréquence de Traitements des fongicides seuls		Récolte
IFT_Insect	Indice de Fréquence de Traitements des insecticides seuls		Récolte
Nb_Tts_herbi	Nombre de traitements herbicides		Récolte
Densité	Nombre de ceps par hectare	ceps/ha	
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index - Indice de densité foliaire		Récolte
pH	Indicateur d'acidité		Récolte
S/AT	Ratio taux de sucres sur acides (indicateur de maturité des grains)		Récolte
Acide_L-Malique	Acide résiduel après la maturation du fruit (=indicateur de maturité)	g/L	Récolte
Acide_gluconique	Acide produit lors d'attaques de bio-agresseurs	g/L	Récolte
	Substance présente naturellement dans le moût -		
Azote_ammoniacal	Mobilisable pour levures et bactéries	mg/LN	Récolte
Azote_assimilable	Azote utilisé par les levures lors de la fermentation du vin	mg/LN	Récolte
	Substance présente naturellement dans le moût -		
Azote_alpha_aminé	Mobilisable pour levures et bactéries	mg/LN	Récolte
Moy des N	Moyenne des mesures d'azote		
Dioxyde_de_soufre_libre		mg/L	Récolte
Dioxyde_de_soufre_total	Stabilisateurs des vins	mg/L	Récolte
MoyDioxyde-S			
	Indice des Polyphénols Totaux - Densité optique à 280nm		
IPT	(Donne une information sur la couleur du vin)		Récolte

b) **Variations des principes méthodologiques avec les deux autres réseaux expérimentaux en Espagne**

Les modifications de la méthodologie appliquée aux réseaux expérimentaux en Espagne, en Catalogne et en Galice, ont été très réduites. L'intention était en effet d'avoir des conditions les plus répétables possibles dans les trois régions SUDOE. Certains aspects ont été modifiés *a priori*, comme partie inhérente à l'étude elle-même, pendant que d'autres ont été modifiés par obligation due aux conditions locales du vignoble.

Par rapport à la **structure du dispositif expérimental**, le système en couples a été identique dans les régions espagnoles. Cependant, la taille du dispositif, consistaient en 4 couples en Galice comme en Catalogne, au lieu des 7 couples d'étude en Sud-Ouest France. Aussi, de manière logique, les cépages d'étude ont été différents, en choisissant des cépages caractéristiques de chaque région, comme l'Albariño et le Tempranillo en Galice et Catalogne, respectivement.

Dans le cas de la **Galice**, le vignoble de l'appellation **Rias Baixas** est traditionnellement cultivé avec un système de conduite particulier en « **Pergola** ». Ce facteur a fait que trois des couples du dispositif avait un système en pergola, dans laquelle les mesures ont été réalisées sur une unité d'échantillonnage consistant en une surface carrée formée par 4 pieds de vigne. Cela différait nettement des 10 pieds de vigne dans un même rang palissé, comme unité d'observation en Catalogne et en France. Sur cette surface carrée formée par 4 pieds de vigne, les attaques de maladies et ravageurs (AIDB) ont été calculées sur 50 grappes distribuées dans les deux diagonales du carré. Toutes les variables ont été mesurées sur cette unité de surface, qui variait selon la parcelle. Le quatrième couple en Galice était conduit avec un système de double cordon palissé et était traité comme le reste des parcelles avec palissage telles celles de Catalogne et Sud-Ouest France.

Pour pouvoir réaliser des comparaisons entre les différentes parcelles, toutes les variables des trois régions ont été relativisées à l'hectare, comme unité de surface de référence. Dans le cas des pressions de maladies et ravageurs, toutes les notations ont été faites en pourcentages. Elles sont ainsi comparables entre elles, même si les nombres d'observations ont pu être légèrement différents entre les parcelles en pergola et celles en palissage vertical.

Pour le **calcul des IFTs**, les méthodologies de calcul ont été identiques. Seulement deux points sont à remarquer :

1) En Catalogne et Galice, l'usage d'herbicides est assez limité et la plus part des viticulteurs n'enregistrent pas les applications dans leurs cahiers. Cela nous a obligé à considérer l'IFT total comme un IFT sans traitements herbicides pour l'ensemble des trois régions, afin de faciliter les comparaisons entre régions SUDOE.

2) Les doses de référence des produits phytosanitaires ne sont pas toujours les mêmes dans les deux pays : France et Espagne. En général, la dose recommandée-autorisée pour une même substance active est la même, mais ce n'est pas le cas pour tous les produits. Les doses de référence utilisées pour les calculs d'une région sont celles de référence dans le pays considéré.

Pour ce qui est de l'**analyse des moûts**, cela a été réalisé par l'INCAVI à Catalogne et par la cave coopérative de Martin Codax en Galice. Les variables mesurées ont varié légèrement entre régions, en fonction des analyses de routine habituelles à chaque structure. Cependant, les paramètres classiques œnologiques les plus importants sont toujours présents.

Pour l'ensemble des autres variables mesurées (épidémiologiques, agronomiques et "variable viticulteur"), seulement deux ont été mesurées dans le dispositif Sud-Ouest France, et pas ailleurs : le poids de 100 baies et le NDVI, tous les deux d'importance mineure et qui ont été mesurées pour des analyses agronomiques plus approfondies.

2) Résultats

a) Résultats épidémiologiques

i) Pressions multipests dans le Sud-Ouest France

* Dates de réalisation des notations et phénologie des essais en 2017

Les notations des symptômes de tous les bioagresseurs suivis ont été réalisées aux dates indiquées dans le tableau 1 suivant. Ces dates correspondent aux 3 passages lors de trois stades critiques : Floraison, pré-véraison et vendanges.

Tableau 1. Dates de notation des attaques de bioagresseurs

Couple parcelles	Floraison	Pre-véraison	Vendange
ResIntBio	6-7 juin	28 juillet	14 septembre
Buzet1	6-7 juin	25 juillet	18 septembre
Buzet2	6-7 juin	25 juillet	18 septembre
Buzet3	6-7 juin	28 juillet	18 septembre
Espiet1	2-7 juin	27 juillet	12 septembre
Espiet2	2-7 juin	27 juillet	12 septembre
Sauveterre	9 juin	27 juillet	28 août

* Variations de l'indice multipests "AIDB" sur les parcelles :

La Fig. 1 suivante montre les niveaux de dégâts multipests cumulés dans les grappes et regroupés dans l'indicateur AIDB : Assessment indicator of damage in bunches (Fermaud et al, 2016). L'AIDB varie entre des niveaux faibles, proche de 0% dans certaines parcelles, jusqu'à un peu plus de 30% au maximum sur la parcelle bas-intrants phytosanitaires à Buzet "Buz4159-B". De façon générale, les parcelles à faible usage de pesticides ("-B" ; Bas IFT), quand elles sont comparées à la parcelle du même couple, voisine, à fort intrants phytosanitaires ("-H" ; Haut IFT), présentent un niveau d'AIDB plus élevé.

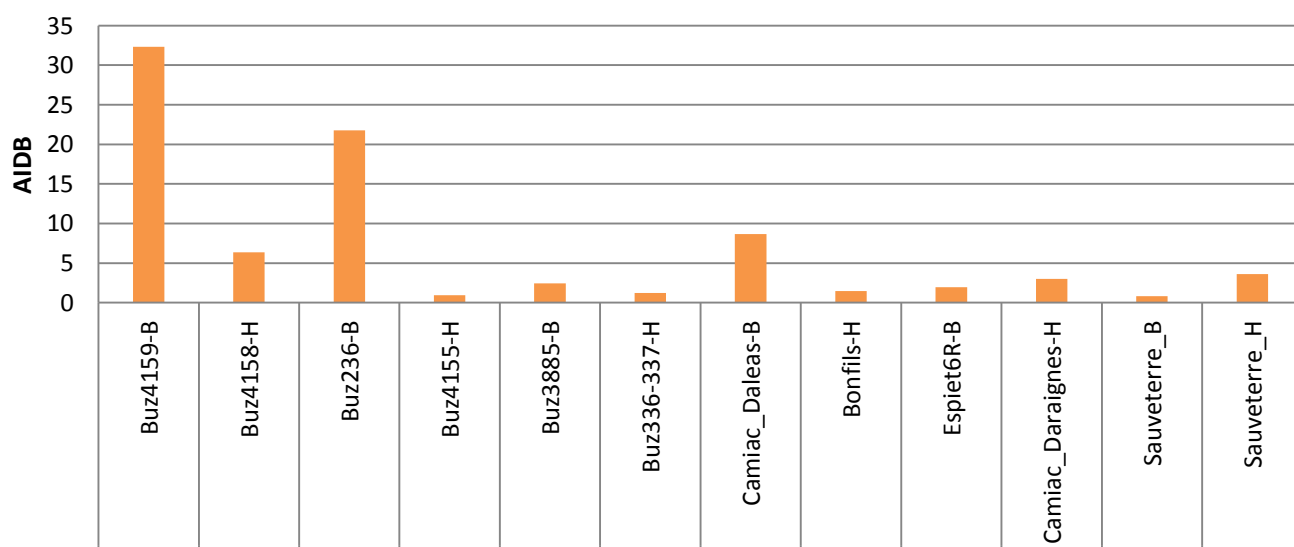


Figure 1. Valeurs d'AIDB total par parcelle dans le réseau Bordeaux-Buzet. Parcelles marquées avec -H ou -B représentant Haut IFT ou Bas IFT, a priori, respectivement

ii) Pressions multipests en Catalogne

* Dates de réalisation des notations et phénologie en Catalogne

Les notations des symptômes de tous les bioagresseurs suivis ont été réalisées aux dates indiquées dans le tableau 2 suivant. Ces dates correspondent aux 3 passages lors de trois stades critiques : Floraison, pré-véraison et vendanges.

Tableau 2. Dates de notation des attaques de bioagresseurs

Couple parcelles	Floraison	Pre-veraison	Vendange
Masquefa	24 mayo	18 julio	22 agosto
St Martí Sarroca	24 mayo	19 julio	23 agosto
St Pere de Ribes	23 mayo	18 julio	23 agosto
Vilobí	24 mayo	17 julio	22 agosto

* AIDB à la parcelle : comparaison des deux parcelles

En Catalogne, la comparaison des parcelles dans chaque couple (Fig. 2) montre une forte variabilité dépendant de la localisation et du système de culture. En général, sauf pour l'exception du couple de Vilobí, les dégâts multipests mesurés par l'AIDB sont plus élevés dans les parcelles à faible IFT, donc ayant été moins traitées. Ces parcelles dont le nom se finit par "_B" étaient situées à Masquefda, St Martí de Sarroca et St Père de Ribes. Les valeurs d'AIDB oscillent entre moins de 5% à SMSarroca_H (fort IFT) et env. 28% à SPRibes_B (faible IFT)

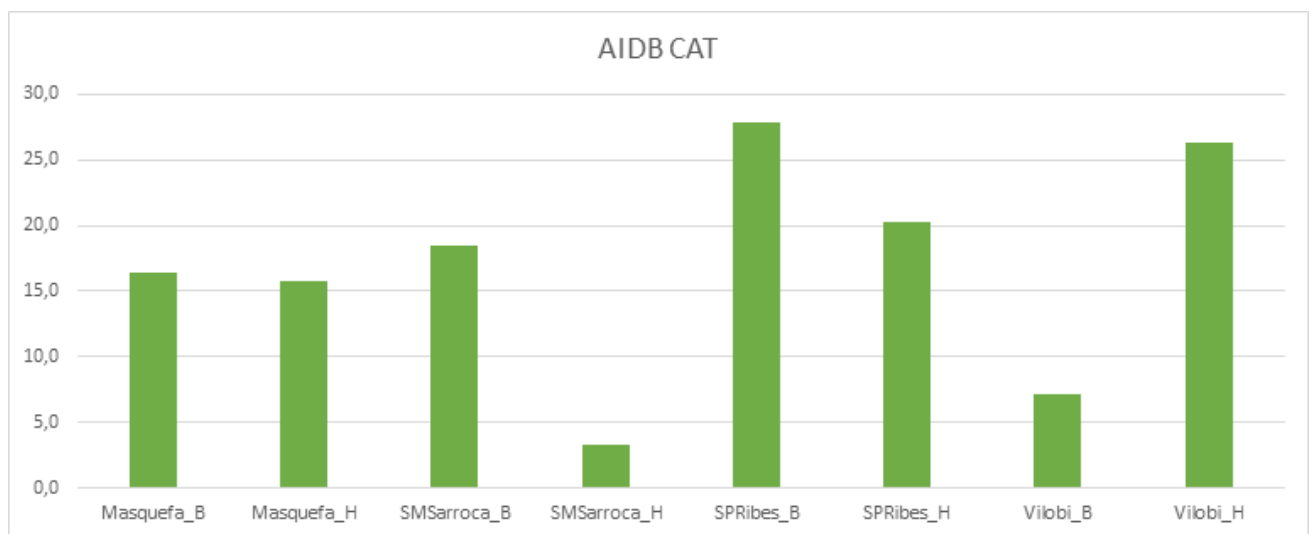


Figure 2. Valeurs d'AIDB total par parcelle dans le réseau en Catalogne. Parcelles marquées avec _H ou _B représentant Haut IFT ou Bas IFT, a priori, respectivement

iii) Pressions multipests en Galice

* Dates de réalisation des notations et phénologie en Galice

En Galice en 2017, les notations des symptômes de tous les bioagresseurs suivis ont été réalisées aux dates indiquées dans le tableau 3. Ces dates correspondent aux 3 passages lors des trois stades critiques : Floraison, pré-véraison et vendanges.

Tableau 3. Dates de notation des attaques de bioagresseurs

Couple parcelles	Floraison	Pre-veraison	Vendange
MCodax	17 mai	12 juillet	30 aout
Meis	18 mai	12 juillet	30 aout
Sisan	18 mai	13 juillet	31 aout
Vilarino	18 mai	13 juillet	31 aout

* AIDB à la parcelle

En Galice en 2017, la Fig. 3 montre les niveaux de dégâts multipests cumulés dans les grappes et regroupés dans l'indicateur AIDB : Assessment indicator of damage in bunches (Fermaud et al, 2016). L'AIDB présente en général un niveau faible, inférieur ou égal à 2%, sauf dans deux parcelles. Dans ces dernières, "Mcodax_B" et "Vilarino_B", l'AIDB est élevé, atteignant environ 14% et 8%, respectivement. Ce sont deux parcelles à faible usage de pesticides (faible IFT). Elles se comparent donc chacune à une parcelle voisine, caractérisée par un usage plus intensif de pesticides où l'AIDB est bien plus faible (respectivement, proche de 0% à Mcodax_H, et d'env. 2% à Vilarino_H).

Le fort différentiel d'AIDB constaté dans chacun de ces 2 couples est directement causé par la différence de pression de traitements phytosanitaires (IFT). Ainsi, dans deux couples sur 4, l'IFT plus faible se traduit par une augmentation nette des dégâts multipests mesurés.

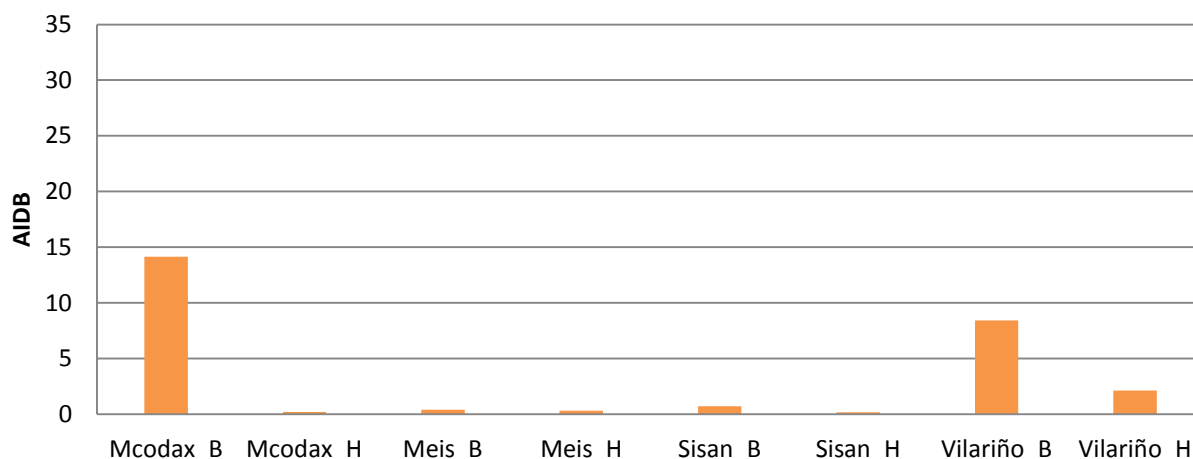


Figure 3. Valeurs d'AIDB total par parcelle dans le réseau Galice. Parcelles marquées avec _H ou _B représentant Haut IFT ou Bas IFT, a priori, respectivement

iv) Conclusion sur le suivi des bioagresseurs dans les trois régions

Sur le réseau du Sud Ouest de la France, en 2017, les principales maladies et ravageurs ont été les tordeuses de la grappe (*Lobesia botrana*), en seconde et troisième générations de cet insecte, et le Botrytis (*Botrytis cinerea*) champignon pathogène responsable de la Pourriture grise. Les dégâts de mildiou et d'oïdium ont été peu marqués.

Sur le réseau en Catalogne, la maladie qui a causé plus des dégâts est l'oïdium, qui est présente dans toutes les parcelles d'étude. Ensuite, les attaques par les tordeuses de 3ème génération ont été aussi abondantes dans ce dispositif.

Sur le réseau en Galice en 2017, les principales maladies et/ou ravageurs ont été surtout le mildiou, qui représente, habituellement, la plus grande menace pour la culture de l'Albariño dans la région. Des dégâts de *Botrytis cinerea* a la vendange se sont aussi avérés notables, mais seulement dans certaines parcelles et en proportion assez faible par rapport au Mildiou dans l'ensemble du dispositif.

Ainsi, l'ensemble de ces résultats montre un profil épidémiologique très différent dans les trois régions, marqué par l'incidence et la sévérité de certaines maladies en particulier, plus que d'autres, selon la région considérée. **Aucune généralisation pour l'ensemble du Sud Ouest de l'Europe SUDOE n'est donc permise concernant les attaques des principales maladies ou dues aux insectes ravageurs.**

Enfin, les niveaux globaux de dégâts multipests cumulés dans les grappes, moyennés par région, sont indiqués dans la Fig. 4. **L'AIDB moyen est significativement supérieur en Catalogne par rapport aux deux autres régions : sud-ouest de la France et Galice.** Comme précédemment, ce phénomène ne doit pas être généralisé à plusieurs années, car il reflète les conditions du seul millésime 2017.

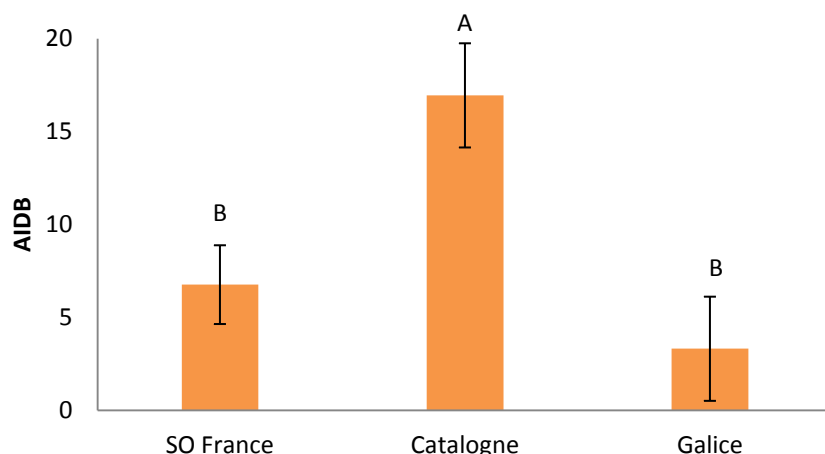


Figure 4. Comparaison des valeurs d'AIDB total dans l'ensemble des parcelles dans les trois réseaux d'étude.

La Fig. 5, ci-dessous, englobe l'ensemble des données de toutes les parcelles des trois régions considérées ensemble, en représentant la moyenne générale d'AIDB par type de parcelle sélectionnée *a priori*. **Elle confirme la forte relation négative entre un usage de pesticides plus intensif (indicateur IFT) et le niveau inférieur des dégâts multipests cumulés dans les grappes (indicateur AIDB).**

Ainsi, comme attendu, plus la pression de traitements phytosanitaires (IFT) est élevée, plus l'AIDB est faible, et donc sont faibles les dégâts des bioagresseurs subis par les grappes. Dans ce réseau parcellaire international, la différence de pression de traitements (faible IFT *versus* fort IFT) s'est traduite par une réduction de moitié des dégâts multipests dans les grappes des parcelles à usage plus intensif des pesticides: AIDB moyen diminuant d'env. 12% à env. 6%.

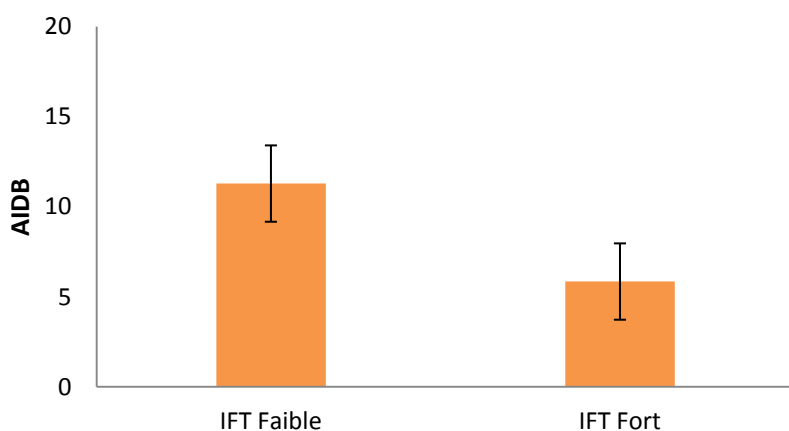


Figure 5. Valeurs d'AIDB total de l'ensemble des parcelles choisies avec un IFT a priori Haut (Fort) ou Bas (Faible).

b) Résultats agronomiques

i) Rendements dans le Sud Ouest de la France

L'histogramme ci-dessous (Fig. 6) montre les fortes variations de rendements observées entre les parcelles du Sud Ouest de la France : rendements indiqués en Kg/Ha. Ils varient en 2017 de 2000 Kg/Ha au minimum à 18000 Kg/Ha au maximum. **La première raison expliquant les très faibles rendements de certains sites est le gel de printemps qui a sévi dans le Bordelais en 2017.** Les couples "Espiet-1" et "ResintBio" représentent 4 parcelles, très touchées par le gel, à rendements très faibles ne dépassant jamais 6000 Kg/Ha.

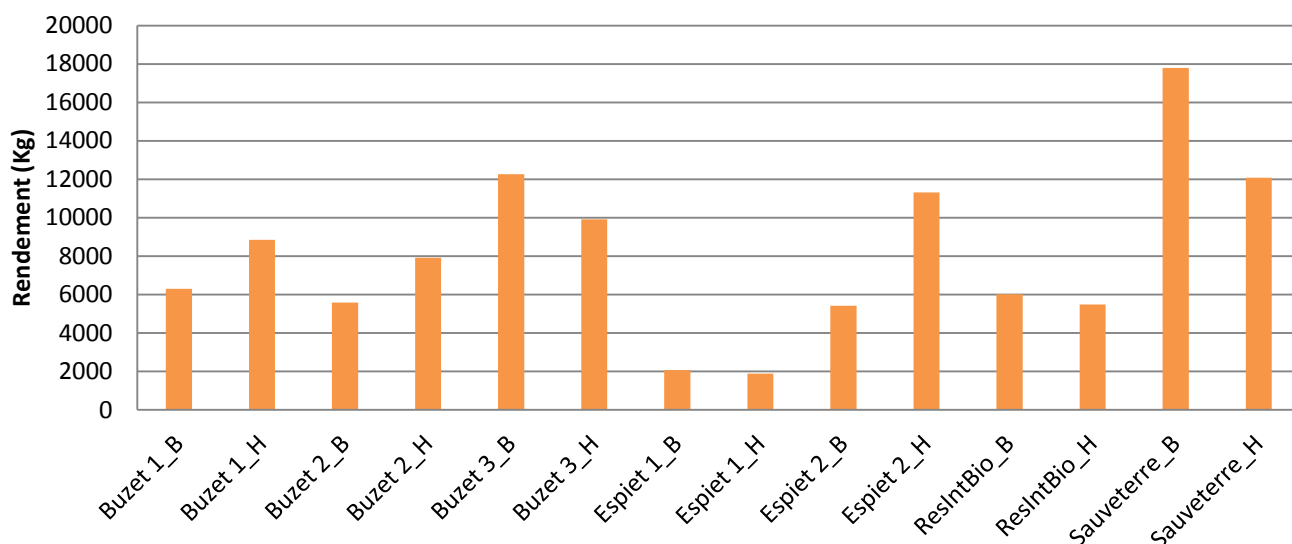


Figure 6. Rendement de raisin (kg/ha) vendangé dans les différentes parcelles du Sud Ouest France

ii) Rendements en Catalogne

Les rendements à la parcelle ont oscillé entre 5412 kg ha⁻¹ à SPRibes_B et 12604 kg ha⁻¹ à Masquefa_B. Les rendements maximum permis par l'appellation DO Catalunya et celle de DO Penedès sont de 9000 kg ha⁻¹. En général, les rendements n'ont pas dépassé cette limite, et quand elle est dépassée, cela est compensé par les viticulteurs avec des parcelles moins productives dans leurs exploitations. Les rendements les plus bas peuvent être expliqués par trois années consécutives de sécheresse (2015-2017), avec des précipitations autour du 60% du niveau habituel dans la région. En plus, l'irrigation est une pratique très peu fréquente dans l'appellation, et absente de toutes les parcelles de cette étude.

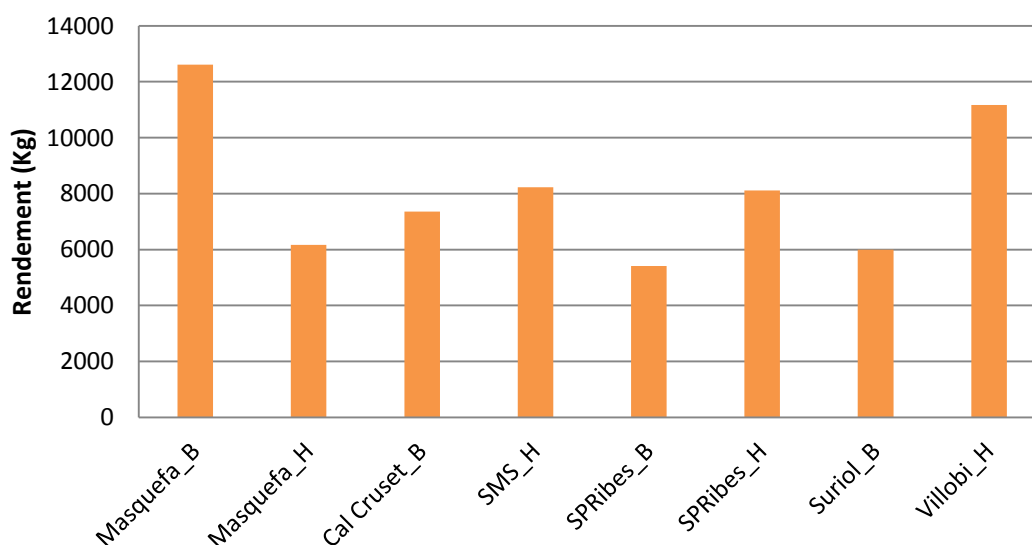


Figure 7. Rendement de raisin vendangé dans les différentes parcelles du dispositif Catalogne

iii) Rendements en Galice

L'histogramme ci-dessous (Fig. 8) montre les variations de rendements observées en Galice en 2017. Les variations dans ce dispositif ont été très fortes, de 7650 kg / ha (parcelle MCodax_B) à plus de 45000 kg / ha (Quintans_B). En tendance pour trois couples de parcelles sur les 4 couples suivis, les rendements sont plus élevés dans les parcelles à plus forte application de pesticides (MCodax, Meis et Vilariño). L'autre couple (Sisan) inclut la parcelle à rendement maximal du réseau, exceptionnellement élevé, qui dépasse celui, déjà fort, de la parcelle Sisan_H. Ces deux parcelles représentent des cas de parcelles très vigoureuses, et le rendement très fort est dû à une charge de grappes aussi très élevée. Ces rendements dépassent largement la limite de rendement marquée par l'appellation (20000 kg / ha). Cependant, les techniciens viticoles de la coopérative Martin Codax ont commenté que ces rendements sont compensés par les viticulteurs qui ont des rendements bien inférieures dans d'autres parcelles.

Pour les autres couples, le couple MCodax est géré par la coopérative directement, avec un système de conduite en double cordon avec une vigueur contrôlée pour favoriser une maturité optimale à la récolte. Le faible rendement de la parcelle MCodax_B est très lié aux fortes attaques de mildiou que nous avons enregistré dans ces essais, avec une gestion du vignoble en agriculture biologique (AB).

Dans l'ensemble, les parcelles ont donc montré une forte variabilité, qui est représentative des différentes variations viticoles possibles et observables dans cette région.

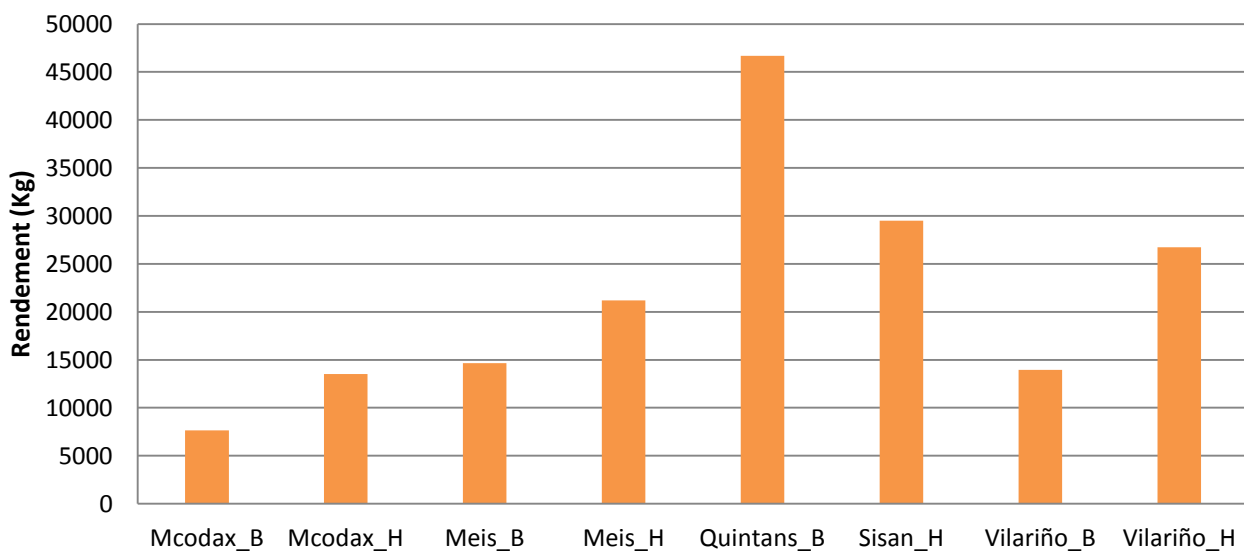


Figure 8. Rendement de raisin (kg/ha) vendangé dans les différentes parcelles en Galice

iv) Analyse sur trois régions : mise en relation des dégâts multipests sur grappes avec le taux de réalisation du rendement

La régression linéaire ci-dessous (Fig. 9) englobe l'ensemble des données des deux régions, Catalogne et Sud-Ouest de la France, pour uniquement les sites non gelés en France. Cette figure montre clairement la **corrélation négative entre le niveau des dégâts multipests cumulés dans les grappes** (indicateur AIDB ; axe des "x") **et le taux de réalisation du rendement (YAR ; axe des "y")**. **Le YAR est le "yield achievement ratio", c'est-à-dire le taux de réalisation du rendement** qui correspond à la part effectivement réalisée par rapport au rendement visé en début de saison par le viticulteur. En Galice, une difficulté lors des enquêtes ne nous a pas permis de connaître les rendements espérés en début de saison, sur lesquels se fondent le calcul du YAR.

Ainsi, les **dégâts multipests dans les grappes sont directement responsables d'une perte de rendement mesurée par la diminution proportionnelle du taux de réalisation du rendement (YAR)**. **Un niveau d'AIDB de 15% se traduit par une perte de rendement potentielle de l'ordre de 20%**, puisque le taux de réalisation du rendement se situe alors à env. 80%. Cette relation n'est pas significative à $p < 0.05$, mais montre comment les attaques de bioagresseurs expliquent à hauteur d'env. 25% ($R^2 = 0.24$) les pertes de rendement pour une saison donnée, et dans des contextes vitivinicoles particuliers (deux régions).

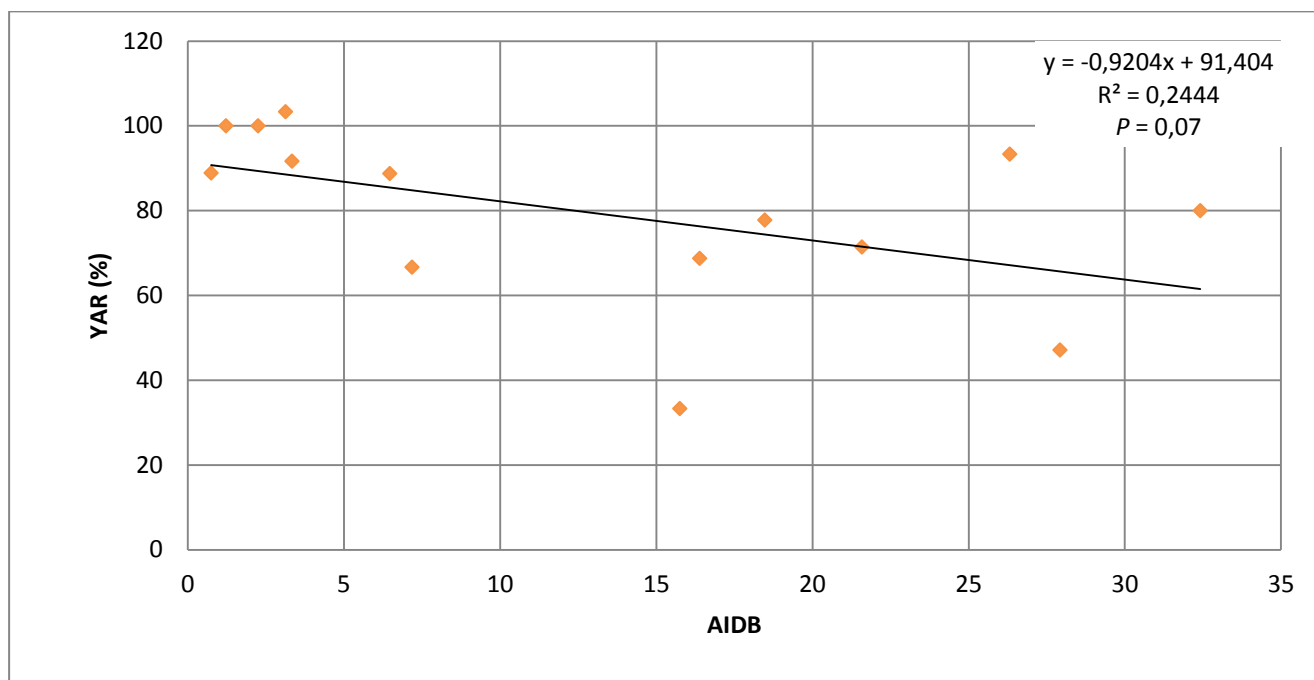


Figure 9. Corrélation entre l'indicateur de dégâts multipestes (AIDB) et l'indicateur de taux de réalisation du rendement (Yield Achievement Rate YAR). Les valeurs représentent les données du dispositif hors Galice et hors parcelles gelées dans le sud ouest de la France.

c) Résultats sur la pression phytosanitaire (IFTs) et variables viticulteur

i) Pression phytosanitaire (IFTs) dans le Sud Ouest de la France

*** Analyse de l'IFT (Indice de Fréquence de Traitements) par parcelle**

Dans le réseau expérimental du Sud-Ouest de la France, l'IFT total varie env. du simple au double, soit de 7.9, au minimum, jusqu'à 18.1 au maximum (Tab 4). Les couples sont surtout validés en considérant le différentiel d'IFT-hors-biocontrôle, c'est-à-dire en ne comptant que les traitements réalisés avec des pesticides de synthèse. Dans tous les couples, la parcelle faible IFT (nom de parcelle suivie de "_B"), a toujours un IFT-hors-biocontrôle plus faible que dans la parcelle associée à fort IFT (nom de parcelle suivie de "_H"). Un seul cas fait exception, le couple de Sauveterre qui ne s'est pas avéré un site exploitable *in fine* pour de nombreuses raisons non détaillées ici.

L'IFT-hors-biocontrôle varie dans un rapport de 1 à 3, soit entre 4.9 au minimum et 17.8 au maximum. Ces variations sont donc très importantes et montrent que le dispositif mis en place permet d'analyser des situations très diverses sur la base des traitements par des pesticides chimiques de synthèse.

Tableau 4. Valeurs d'IFT dans les parcelles du Sud Ouest France. Parcelles choisies pour avoir a priori un IFT haut (H) ou bas (B). Valeurs d'IFT calculés n'incluant pas les applications d'herbicides à la parcelle

Couple	Parcelle	IFT Total	IFT hors biocontrôle
Buzet 1	Buzet1_B	14,2	8,0
Buzet 1	Buzet1_H	11,6	10,9
Buzet 2	Buzet2_B	14,2	8,0
Buzet 2	Buzet2_H	11,6	10,9
Buzet 3	Buzet3_B	12,3	6,8
Buzet 3	Buzet3_H	14,0	11,0
ResIntBio	ResIntBio_B	9,0	4,9
ResIntBio	ResIntBio_H	7,9	6,9

Espiet 1	Espiet1_B	9,6	5,8
Espiet 1	Espiet1_H	14,9	13,4
Espiet 2	Espiet2_B	9,6	5,8
Espiet 2	Espiet2_H	14,9	13,4
Sauveterre	Sauveterre_B	18,1	17,8
Sauveterre	Sauveterre_H	17,8	16,3

ii) Pression phytosanitaire (IFTs) en Catalogne

* Analyse de l'IFT (Indice de Fréquence de Traitements) par parcelle

Le tableau 5 montre les valeurs d'IFT dans les 4 couples de parcelles de la région Penedès en Catalogne. Les valeurs oscillent de 3,7, jusqu'au maximum de 12,1 en IFT total. Ces valeurs sont plus dépendantes de la localisation que de la typologie de la parcelle. Par contre, l'IFT hors biocontrôle est toujours moins élevé dans les parcelles en gestion agrobiologique (Bas IFT), par rapport à celles de Haut IFT. L'IFT Hors Biocontrôle a varié entre 0,2 et 7,6. Dans ce cas, la comparaison entre des deux types d'IFT permet de différencier les deux types de culture.

Tableau 5 Valeurs d'IFT dans les parcelles du réseau de la Catalogne. Les parcelles ont été choisies pour avoir a priori un IFT haut (H) ou bas (B). Valeurs d'IFT calculés n'incluant pas les applications d'herbicides à la parcelle

Couple	Parcelle	IFT Total	IFT hors biocontrôle
Masquefa	Masquefa B	7,9	2,5
Masquefa	Masquefa H	8,4	5,7
St Martí Sarroca	St Martí Sarroca B	12,1	2,8
St Martí Sarroca	St Martí Sarroca H	11,7	7,6
St Pere de Ribes	St Pere de Ribes B	3,7	0,2
St Pere de Ribes	St Pere de Ribes H	4,0	3,3
Vilobí	Vilobí B	8,5	1,0
Vilobí	Vilobí H	8,5	4,9

iii) Pression phytosanitaire (IFTs) en Galice

* Analyse de l'IFT (Indice de Fréquence de Traitements) par parcelle

Le tableau 6 montre les valeurs d'IFT, total et Hors Biocontrôle, dans le réseau expérimental en Galice. L'IFT total varie env. du simple au double : de 14.2 jusqu'à 26.2.

L'IFT Hors Biocontrôle varie également env. du simple au double : de 10.7 au minimum jusqu'à 22.1 au maximum.

Comme attendu, la tendance générale à l'intérieur des couples est de présenter un IFT supérieur, Total ou Hors Biocontrôle, dans le couple à fort IFT (nom de parcelle suivie de "_H"). Cette tendance valide alors le choix de parcelles fait, a priori, lors de l'installation du dispositif.

Cependant, le cas du couple MCodax est particulier car on compare, dans ce couple, une parcelle en gestion en AB (a priori à faible intrant phytosanitaire) à une autre en gestion conventionnelle. Ainsi, l'IFT est beaucoup plus élevé dans la parcelle à Faible IFT *a priori* (MCodax_B), parce que **il y a utilisation élevée de produits à base de cuivre, qui ne compte pas comme produit de biocontrôle, mais qui est l'unique alternative pour le contrôle du mildiou dans ce type de parcelle AB.**

Ce cas particulier montre les difficultés associées à la mise en place de tels réseaux expérimentaux et doit aussi attirer l'attention sur l'importance d'une très bonne compréhension et interprétation des indices globaux, tels l'IFT, selon le système de culture considéré (AB, conventionnel ...).

Tableau 6 Valeurs d'IFT dans les parcelles du réseau de la Galice. Les parcelles ont été choisies pour avoir a priori un IFT haut (H) ou bas (B). Les valeurs d'IFT calculés n'incluent pas les applications d'herbicides à la parcelle

Couple	Parcelle	IFT Total	IFT hors biocontrôle
Mcodax	Mcodax_B	26,2	22,1
Mcodax	Mcodax_H	16,0	12,6
Meis	Meis_B	15,8	11,5
Meis	Meis_H	22,4	21,8
Sisan	Sisan_B	14,2	10,7
Sisan	Sisan_H	21,7	19,2
Vilarinho	Vilarinho_B	20,7	18,4
Vilarinho	Vilarinho_H	25,3	20,0

iv) Analyse sur trois régions : pression d'utilisation des pesticides de synthèse

La Fig. 10 montre les IFTs totaux moyens, sur la base des parcelles échantillonnées, pour comparer les trois régions. **Elles se classent comme suit par ordre d'usage croissant des pesticides en 2017 : Catalogne, Sud-Ouest France, Galice.** La Fig. 11 ne montre pas de différentiel d'IFT total entre les parcelles "à faible IFT" *versus* les parcelles dites "à fort IFT". Comme cela a déjà été indiqué, **les couples sont surtout fondés sur le différentiel d'IFT-hors-biocontrôle, soit en ne considérant que les traitements réalisés avec des pesticides chimiques de synthèse (voir Figs suivantes).**

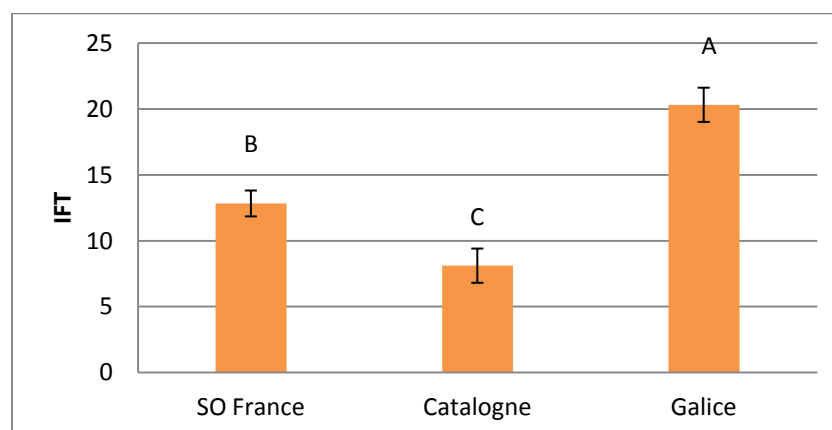


Figure 10. Valeurs d'IFT Total de l'ensemble des parcelles dans les trois réseaux d'étude.

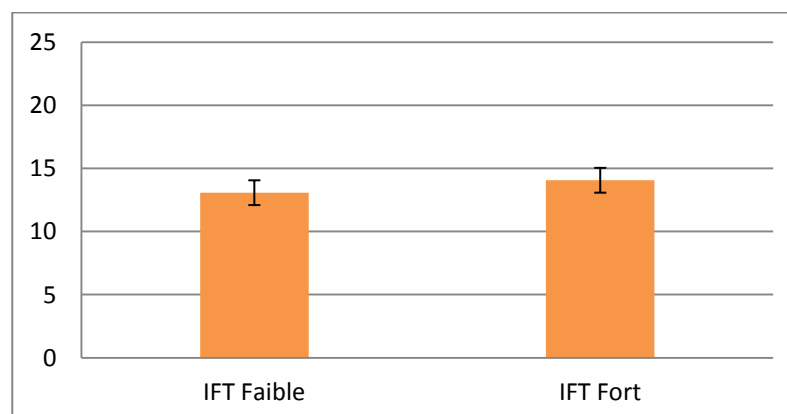


Figure 11. Valeurs d'IFT Total de l'ensemble des parcelles choisies avec un IFT a priori Haut (Fort) versus un IFT Bas (Faible).

Les deux Figs suivantes (Fig. 12 et Fig. 13) montrent les **IFT-hors-biocontrôle** moyens pour comparer les trois régions étudiées. Comme pour les IFTs totaux, elles se classent comme suit par ordre d'usage croissant des pesticides en 2017 : Catalogne (CAT), Sud-Ouest France (BDX), Galice (GAL).

La Fig. 13 montre, très nettement comme attendu, la différence significative d'IFTs-hors-biocontrôle moyens entre les parcelles "à faible IFT" et les parcelles "à fort IFT". En effet, en ne comptabilisant que les traitements avec des pesticides chimiques de synthèse, en moyenne, les parcelles à faible IFT, ont env. 3 à 4 unités d'IFT-hors-biocontrôle de moins que les parcelles à fort IFT. Ce pour toutes les régions considérées dans cette étude.

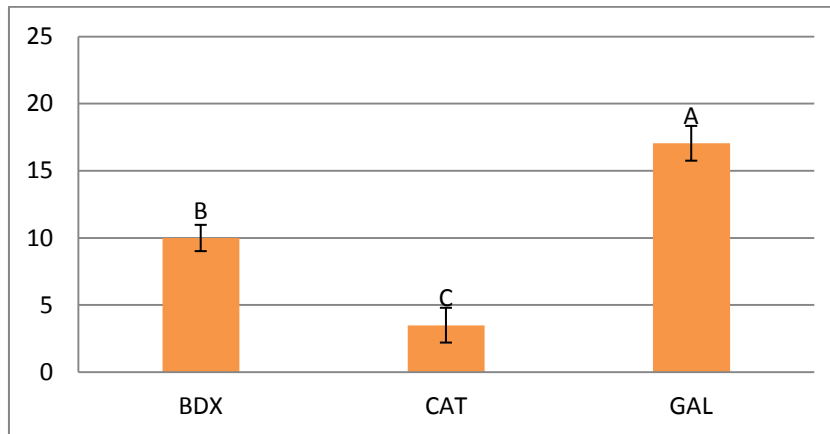


Figure 12. Valeurs d'IFT Hors Biocontrôle de l'ensemble des parcelles dans les trois régions.

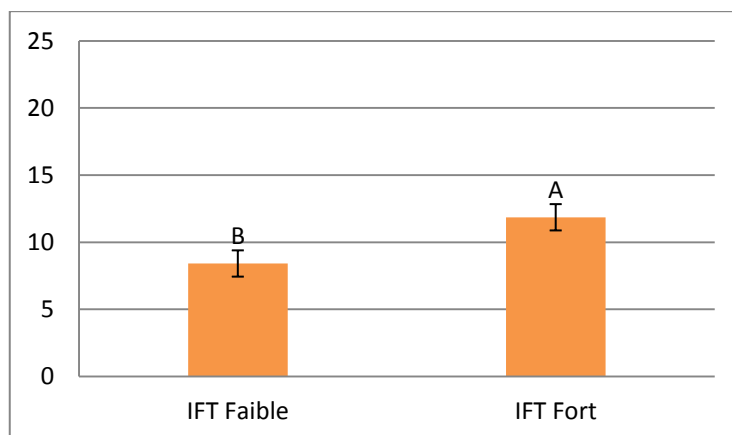


Figure 13. Valeurs d'IFT Hors Biocontrôle de l'ensemble des parcelles choisies avec un IFT a priori Haut (Fort) versus un IFT a priori Bas (Faible).

v) Analyse sur trois régions : relation entre la pression d'usage des pesticides (IFT) et l'indicateur de pression parasitaire multipests "AIDB"

Pour les 3 régions considérées ensemble, les deux Figs 14 et 15, ci-après, montrent la corrélation négative très claire entre les dégâts multipests dans les grappes (AIDB) et la pression de traitements indiquée par l'IFT total (premier graphique) et l'IFT-hors-biocontrôle (second graphique).

La relation négative la plus démonstrative et significative concerne l'AIDB et l'IFT-hors-biocontrôle. Le R^2 de la régression atteint presque 25% avec une probabilité très significative au seuil de 1%. Ainsi la chute de la pression de traitements avec des pesticides de synthèse se traduit significativement par l'augmentation d'AIDB, c'est-à-dire du niveau des dégâts multipests dans les

grappes. L'augmentation d'env. 3% d'AIDB résulte d'une baisse d'env. 1 point d'IFT-hors-biocontrôle (soit un traitement à pleine dose d'un pesticide de synthèse).

A notre connaissance, cette analyse quantitative est un première, démontrant scientifiquement ces liens entre de tels indicateurs globaux, et à cette échelle supra-nationale dans un cadre intégrant l'ensemble des principaux bioagresseurs des vignoble du sud Ouest de l'Europe.

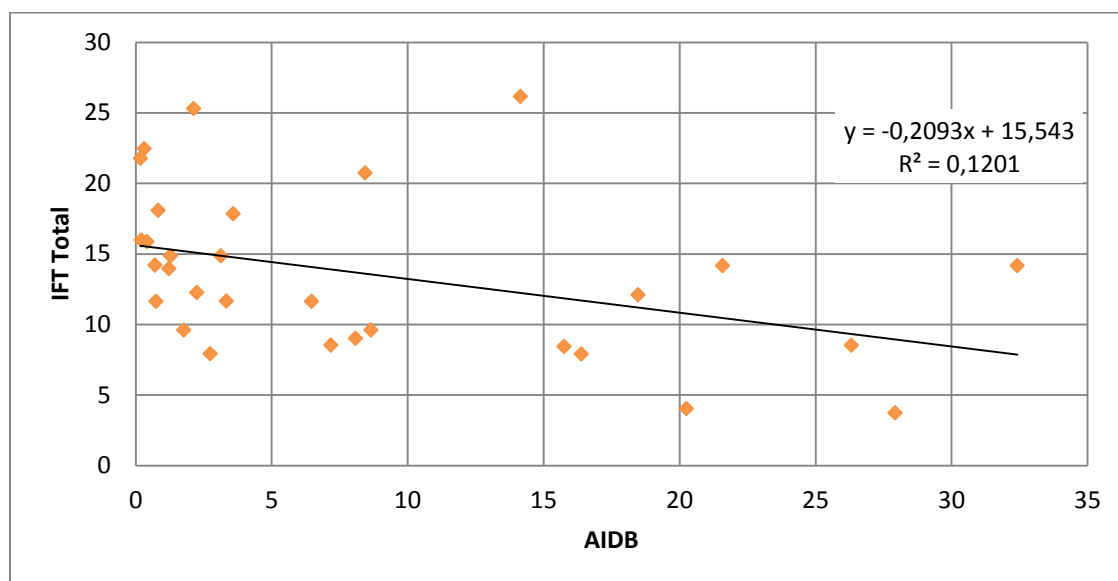


Figure 14. Corrélation entre l'indicateur de degats multipests (AIDB) et l'indicateur de frequence de traitements total (IFT Total).

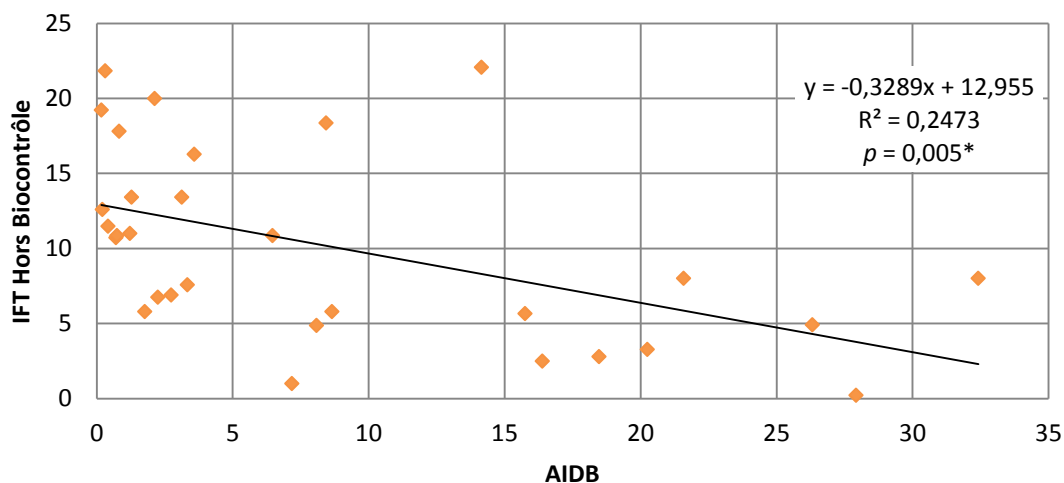


Figure 15. Corrélation entre l'indicateur de dégâts multipests (AIDB) et l'indicateur de fréquence de traitements hors traitements de biocontrôle (IFT Hors Biocontrôle).

d) Résultats œnologiques

i) Caractéristiques des moûts et des vins élaborés dans le Sud Ouest de la France

* Résumé des vins élaborés

Les caractéristiques des vendanges et des vins produits sont récapitulés dans le tableau ci-dessous (Tab 7). Les volumes produits sont importants, par de telles micro et/ou mini-vinifications, car de nombreuses bouteilles sont nécessaires pour les tests d'économie expérimentale (voir autre livrable du projet VINOVERT).

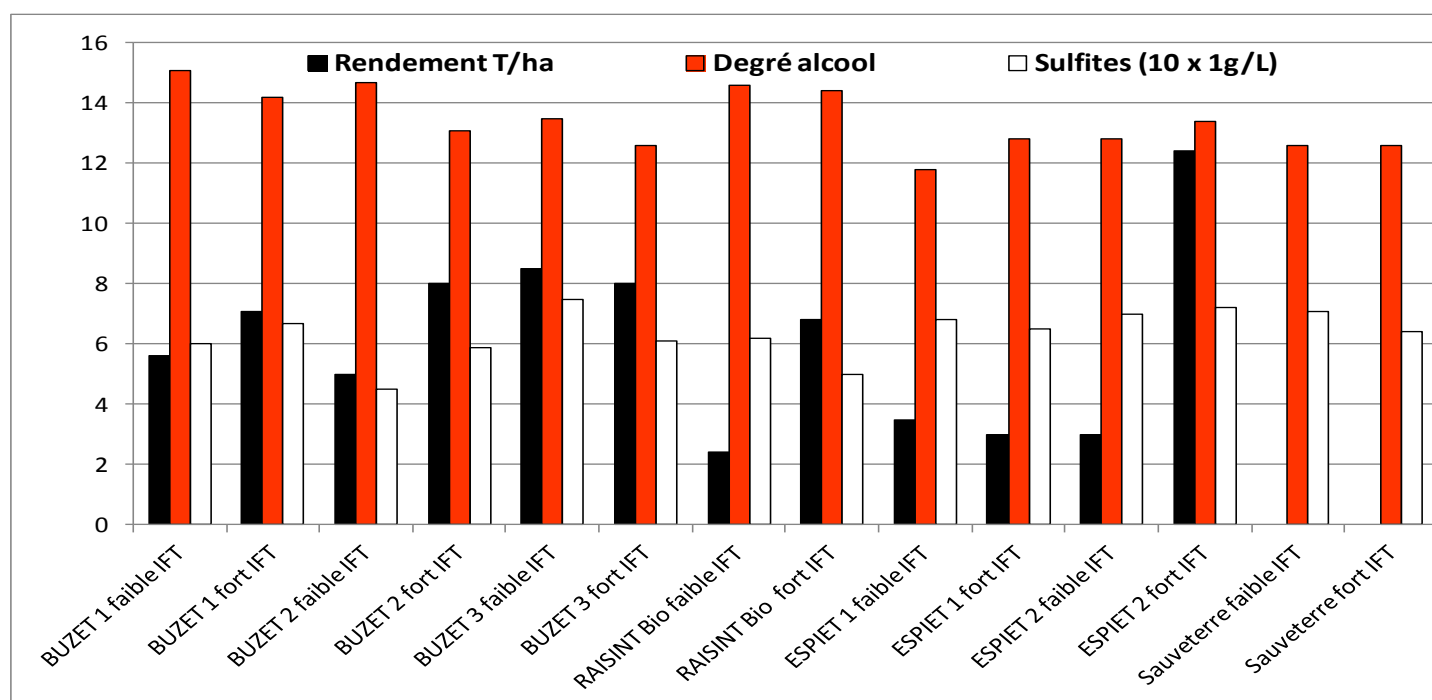
Tableau 7 Liste de vins élaborés à partir des raisins récoltés sur les parcelles dans le SO France

Nom couple	Nom parcelle	IFT faible/fort	Vendange	Volume
Buzet 3	Buz3885	Faible	Normal	
	Buz336-337	Fort	Normal	
ResInBio	ResInBio_B	Faible	Normal et Sélectionné	
	ResInBio_H	Fort	Normal	
Espiet 2	Espiet6R	Faible	Normal	
	Camiac_Daraignes	Fort	Normal	
Buzet 1	Buz4159	Faible	Normal	
	Buz4158	Fort	Normal	
Buzet 2	Buz236	Faible	Normal	
	Buz4155	Fort	Normal	
Sauveterre	Sauveterre_B	Faible	Normal	
	Sauveterre_H	Fort	Normal	
Espiet 1	Camiac_Daleas	Faible	Normal	
	Bonfils	Fort	Normal	

* Resultats des analyses qualité des moûts vins élaborés

Les caractéristiques des moûts récapitulées dans l'histogramme ci-dessous (Tab 8), montrent que le principal paramètre de maturité, qui est le degré alcoolique potentiel, varie d'env. 12° au minimum à env. 15° au maximum. **Pour l'ensemble du réseau, un résultat majeur est que ce paramètre clef ne montre aucune tendance associant les parcelles à fort IFTs avec des vins à degré alcoolique potentiel supérieur ou inférieur par rapport aux parcelles à faible IFT.** Conclusion tirée de comparaisons toujours faites au sein de chaque couple préalablement constitué.

Cependant, une analyse plus fine montre que, **pour les trois couples les plus avancés en maturité ("Buzet-1", "Buzet-2" et "ResintBio"), l'usage plus intensif de pesticides (fort IFT) pourrait être associé à un moindre degré de maturation des raisins à la vendange.** Cette hypothèse devrait faire l'objet d'études ultérieures, pour être validée ou invalidée.

Tableau 8 Valeurs de paramètres de qualité des vins issus des parcelles du SO de la France

* Résultats des dégustations des vins expérimentaux

Les notes d'appréciation globale des vins produits tiennent compte de notations de différents critères organoleptiques. L'indicateur «Cumulative liking» représente la somme des notations sur 10 qualités organoleptiques fondamentales : Couleur, Nez, Goût et Post-Goût. Ces notes sont issues de plusieurs dégustateurs avertis, mais avec de grandes variabilités sous-jacentes (forts écart-types). Cette note varie de 20 au minimum jusqu'à plus du double (> 40) au maximum, montrant de **fortes différences parmi les vins produits dans ce réseau parcellaire du Sud-Ouest de la France en 2017.**

Un résultat de première importance est qu'il n'existe strictement aucune tendance pour associer les parcelles à fort ITFs avec des vins de meilleure qualité œnologique (Fig. 16). Cette conclusion est tirée de comparaisons toujours faites au sein de chaque couple préalablement constitué. **L'analyse fine montre que la meilleure note revient à un vin issu d'une parcelle à faible IFT, mais que les 2 notes minimales reviennent aussi à des parcelles à faible IFT.**

Ces résultats seront confortés par d'autre(s) dégustation(s). **La seule hypothèse majeure qui se dégage serait que les parcelles à faibles IFTs montrent plus de variabilité en termes de qualité des vins produits** (parmi elles se trouvent les meilleures et les plus mauvaises notes). De façon corollaire, il faudrait tester l'hypothèse selon laquelle les **parcelles à fort IFTs, les plus traitées par des pesticides de synthèse, ont été à l'origine de vins plus médians et moins variables** en termes de qualité œnologique.

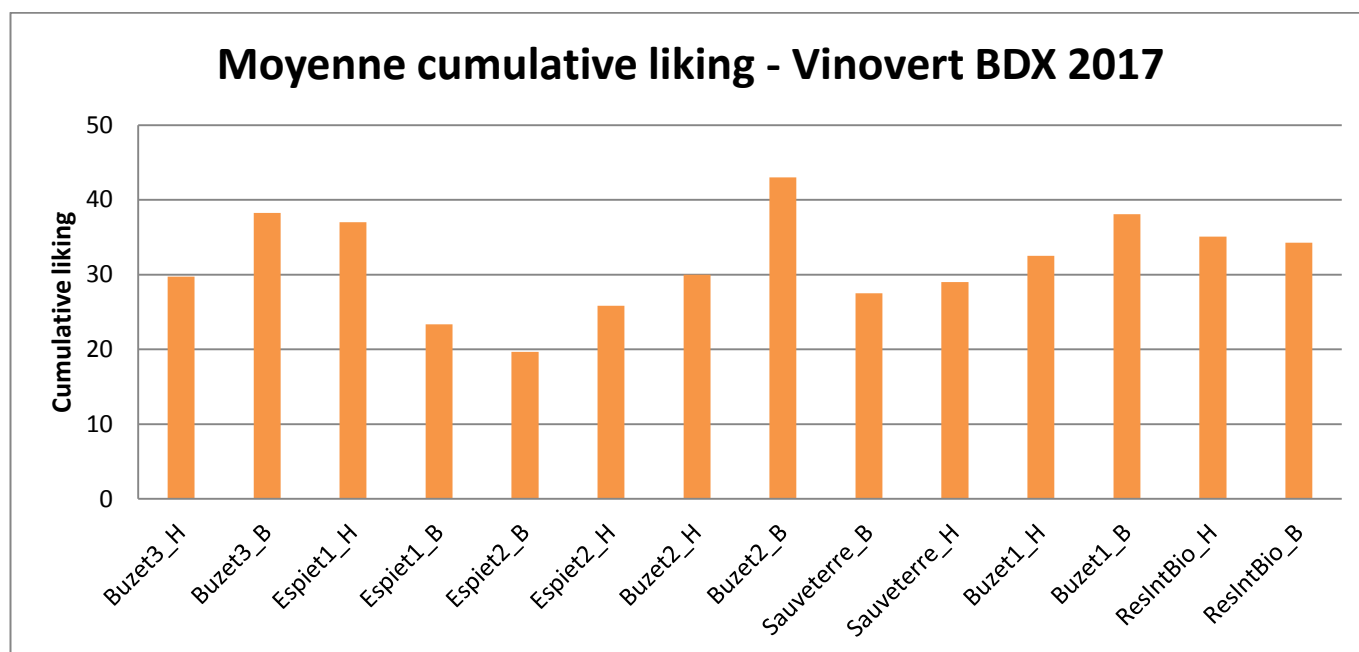


Figure 16. Appréciation globale des vins expérimentaux du Sud Ouest de la France. L'indicateur «Cumulative liking» représente la somme des notations sur 10 qualités organoleptiques fondamentales. (Couleur, Nez, Goût et Post-Goût) par au moins 5 dégustateurs avertis.

ii) Caractéristiques des moûts et des vins élaborés en Catalogne

* Résumé de vins élaborés

Différents vins ont été élaborés à partir des 8 parcelles suivies. En plus, deux vins sont issus de vendanges sélectionnées dans deux parcelles à IFT plus élevé : Masquefa_H et SMSarroca_B (Tab. 9). Les vins élaborés à partir des parcelles du couple SPRibes ont été vinifiés avec et sans l'ajout de sulfites au moment de la mise en bouteille. Entre 100 et 150 kg de raisin ont été récoltés pour chaque vinification et le volume de moût à vinifier était toujours de 50L. Le protocole était un protocole de vinification pour vin rouge jeune habituel dans la DO Catalunya.

Soulignons que, même s'il y a des vins rouges avec le cépage Tempranillo dans la DO Penedès, la plupart des viticulteurs avec lesquels on a travaillé utilisent ce cépage pour l'élaboration de vins rosés. C'est

pourquoi, ils le récoltent un peu avant les parcelles destinées aux vins rouges. Ce fait a forcé, en avançant, un peu la date de vendange dans certains cas, avec le résultat d'un niveau de maturité légèrement moins élevé que l'optimal.

Tableau 9 Liste de vins élaborés à partir des raisins récoltés des parcelles suivies en Catalogne

Nom couple	Nom parcelle	IFT faible/fort	Vendange	Volume
Masquefa	Masquefa_B	Faible	Normal	50 L
	Masquefa_H	Fort	Normal	50 L
		Fort	Sélectionné	50 L
Sant Martí Sarroca	SMSarroca_B	Faible	Normal	50 L
	SMSarroca_B	Faible	Sélectionné	50 L
	SMSarroca H	Fort	Normal	50 L
Sant Pere de Ribes	SPRibes_B	Faible	Normal	50 L
	SPRibes_H	Fort	Normal	50 L
Vilobí	Vilobí_B	Faible	Normal	50 L
	Vilobí_H	Fort	Normal	50 L

* Résultats des analyses qualité des vins élaborés

Les analyses des moûts et des vins (tableaux suivants) sont en ligne avec les analyses typiques de ce cépage dans la région (appellation DO Penedès ou DO Catalunya). Il n'y a pas de différences significatives dans les paramètres de qualité des vins selon l'usage plus ou moins intensif des pesticides : parcelles IFT_B *versus* IFT_H. Le degré alcoolique et l'intensité de la couleur sont des paramètres importants pour le cépage Tempranillo dans le Penedès. Le degré alcoolique varie entre 10,6 et 12,8. Pour la couleur, l'absorbance à 420+520+620 dans les vins pour les vins issus d'IFT_H (7,07) que dans les vins issus d'IFT_B (6,26). Pour l'acidité totale, les variations sont entre 5,5 et 6,8 g/l. Pour le pH, il y a une variation de 3,3 à 3,8.

Parcelle	Masquefa_B	Masquefa_H	Masquefa_H Sélectionné	SMSarroca_B	SMSarroca_B Sélectionné	SMSarroca_H	StPereRibes_B	StPereRibes_B (SO2red)	SPRibes_H	StPereRibes_H (SO2red)	Vilobí_B	Vilobí_H
ATT	4,5	5,7	5,7	6,1	6,3	6,2	4,2		5,9		4,1	6,2
pH	3,35	3,34	3,31	3,38	3,24	3,25	3,38		3,30		3,55	3,25
D° Brix	22,7	22,0	22,3	21,5	20,0	21,4	22,2		22,2		22,8	22,4
D° alcool potentiel	13,24	12,76	12,97	12,42	11,40	12,35	12,90		12,90		13,31	13,03
A280	12,732	10,079	11,647	10,113	9,214	11,309	13,517		17,540		17,769	10,685
A420	1,193	1,575	1,188	2,142	0,907	1,262	2,365		1,379		1,508	1,360
A520	0,879	0,934	0,976	1,239	0,846	1,191	1,592		1,421		1,246	1,275
A620	0,347	0,446	0,370	0,626	0,277	0,383	0,734		0,442		0,480	0,427
Ac Malique	1,54	2,45	2,40	2,98	2,70	2,89	1,00		1,78		1,8	2,36

											6	
Ac Gluconique	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10		0,98		<0.10	0,33
Ac Tatrique	5,30	5,48	5,72	5,46	5,68	5,80	5,08		5,42		4,58	5,78
Glycerol	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10		0,64		<0.10	0,12
Potassium	1371	1423	1457	1612	1533	1479	1376		1509		1559	1529
Azote assimilable (amínic)	75,3	99,5	101,9	64,7	54,7	72,3	65,7		73,6		68,5	74,2
Azote amoniacal	97,7	123,7	137,2	63,3	67,6	87,2	59,5		69,2		49,1	79,0
Anthocyanes (mg/l)	185	167	170	164	123	173	195		166		258	149

* Résultats des dégustations des vins expérimentaux

Les dégustations par un panel de dégustateurs avertis sont synthétisées dans la variable "cumulative liking" (Figure 17). Dans le cas de la Catalogne, aucune différence significative ni tendance claire n'est détectée quand on compare les parcelles à fortes ou faibles applications de pesticides de synthèse. La variable "cumulative liking" ne présente pas des corrélations significatives avec aucun des paramètres de qualité du vin, l'IFT total ou l'IFT Hors Biocontrôle. **Par contre la régression linéaire de cumulative liking avec l'AIDB a été significative (CumLike = -0,5316 AIDB + 44,655; R² = 0,4735; p=0.039),** quand on ne tient pas compte des vins issus de vendanges triées (raisins sélectionnés sans maladies ni ravageurs).

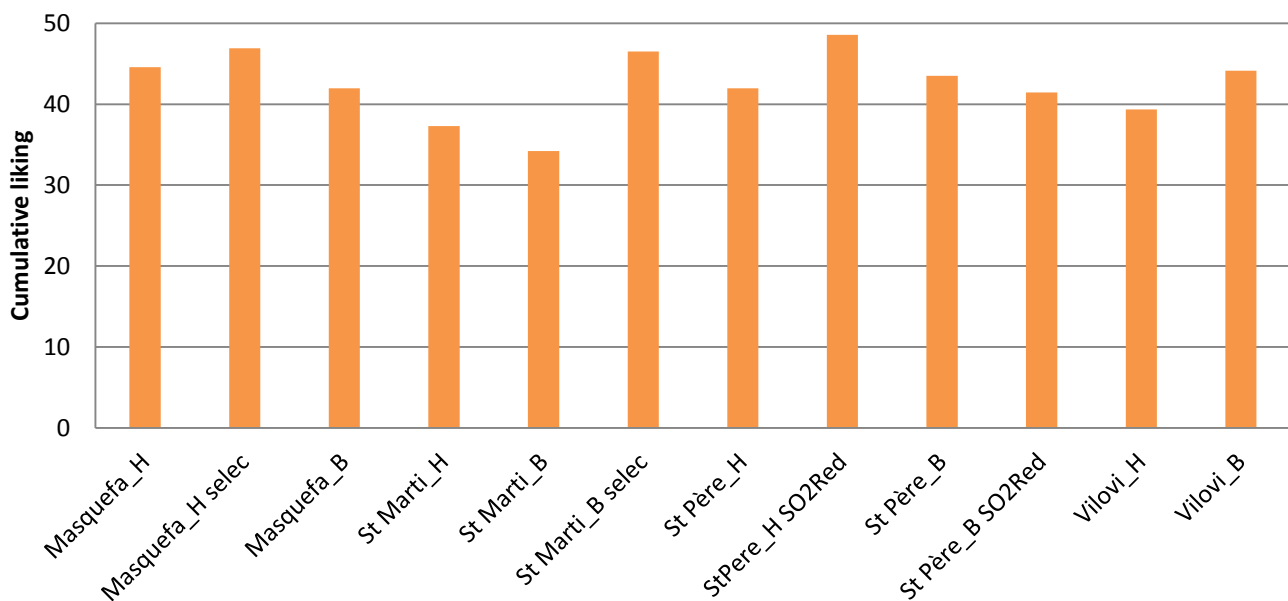


Figure 17. Valeurs de l'appréciation globale des vins expérimentaux en Catalogne. L'indicateur «Cumulative liking » représente la somme des notations sur 10 qualités organoleptiques fondamentales (Couleur, Nez, Goût et Post-Goût) par au moins 5 dégustateurs avertis.

iii) Caractéristiques des moûts et des vins élaborés en Galice

* Résumé de vins élaborés

Les caractéristiques des vendanges et des vins produits en Galice sont récapitulés dans le tableau 11. Les volumes produits sont importants (100 l) dans les cas des couples MCodax et Sisan, pour assurer une fermentation plus stable et avoir un produit final plus homogène et avoir des vins qui pourront être utilisés dans des expérimentations avec consommateurs.

Pour le reste des couples, les microvinifications ont été faites en récipients de 4 l, pour avoir un référent de la parcelle et pouvoir identifier par des dégustateurs avertis de possibles défauts, notamment ceux dus à la présence de bioagresseurs. Malheureusement, un accident mécanique au chai a renversé les récipients

avec les vins en fermentation, et les 12 répétitions, correspondant à deux couples de parcelles, ont été perdues et aucune analyse ultérieure n'ait été possible.

Tableau 11 Liste des vins élaborés à partir des raisins récoltés dans les parcelles de Galice

Parcelle	Repetition	Volume	Observations
Meis_B	1	4L	Perdus par problème technique au chais
	2	4L	
Meis_H	1	4L	
	2	4L	
Vilariño_B	1	4L	
	2	4L	
Vilariño_H	1	4L	
	2	4L	
Vilariño_B (Vendange sélectionnée)	1	4L	
	2	4L	
Vilariño_H (Vendange sélectionnée)	1	4L	
	2	4L	
MCodax_H	1	100L	
MCodax_B	1	100L	
MCodax_B (Vendange sélectionnée)	1	100L	
Sisan_H	1	100L	
Sisan_B	1	100L	

* Résultats des analyses qualité des vins élaborés

Le tableau 12 montre les résultats des analyses basiques de qualité physico-chimique des vins élaborés en Galice. Ces valeurs sont cohérentes avec les valeurs habituelles des vins d'Albariño dans la région. Ainsi, on note des acidités Titrables élevées, supérieures à 9, et avec un pH autour de 3, pour la plupart des vins. L'exception est celle des vins de la parcelle MCodax_B, qui montrent des acidités Titrables autour de 6.5-7, à cause d'un niveau de maturité important dans la parcelle, provoqué par les très fortes attaques de mildiou qui ont modifié la physiologie de la plante. Cette différence de maturité est aussi très évidente et observable dans le degré d'alcool plus élevé dans les vins issus de cette parcelle.

Tableau 12 Valeurs de parametres de qualité des vins issus de parcelles du dispositif en Galice

ID	pH	Ac. Volatile	Ac. Titrable	Sucres Reducteurs	Ethanol	SO2 Total
Sisan_H	3,05	0,32	9,67	1,99	12,74	79
Sisan_B	3,12	0,39	9,48	1,73	13,31	108
MCodax_H	3,05	0,32	9,22	2,01	12,89	84
MCodax_B	3,28	0,33	6,56	2,06	13,59	76
MCodax_B (Vendange sélectionnée)	3,26	0,44	7,18	1,98	13,85	69

* Résultats des dégustations des vins expérimentaux

Les résultats des dégustations des vins par des dégustateurs avertis (Fig. 18) montrent des résultats assez similaires pour trois des vins : Sisan_B, MCodax_H et MCodax_B. En revanche, le vin de la parcelle

Sisan_H montre une baisse de plus de 10 points par rapport aux autres vins, à cause d'un phénomène d'oxydation détecté par l'ensemble des dégustateurs. Ce défaut, en tout cas, n'est pas lié aux attaques des bioagresseurs ou à d'autres variables mesurées dans notre étude. Ce serait plutôt associé à un problème lors du processus de fermentation. Le vin de la parcelle à forte attaque par le mildiou (MCodax_B) a présenté une valeur légèrement inférieure à la parcelle à fort intrant phytosanitaire de son couple (MCodax_H) ; vin aussi marqué par une amertume qui pourrait être une conséquence de l'effet de la présence du mildiou. Enfin, le vin issu de la vendange sélectionnée n'était pas apte à la dégustation, pour des problèmes d'oxydation pendant la fermentation.

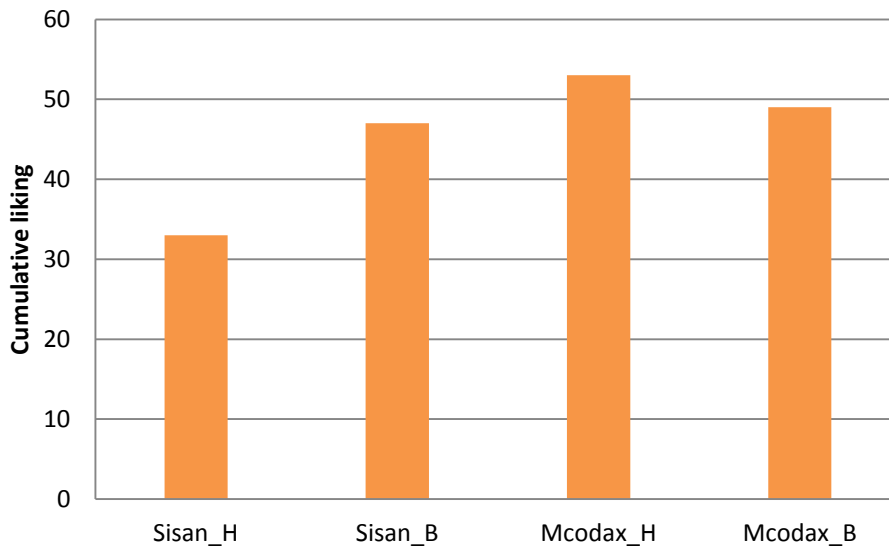


Figure 18 Valeurs de l'appréciation globale des vins expérimentaux de Galice. L'indicateur «Cumulative liking » représente la somme des notations sur 10 qualités organoleptiques fondamentales. (Couleur, Nez, Goût et Post-Goût) par au moins 5 dégustateurs avertis.

iv) Analyse à trois régions : relation entre les attaques de bioagresseurs et la qualité œnologique

Basé sur toutes les 3 régions de l'étude, le graphique ci dessous (Fig 19) montre une tendance plutôt positive entre le niveau de dégâts multipests sur grappes et la qualité globale des vins produits, telles qu'appréciée par un panel de dégustateurs avertis. Ce résultat est inattendu. Il **n'est cependant vraisemblablement pas significatif** (analyse statistique toujours en cours). D'autres données en 2018 sont nécessaires pour mieux comprendre et valider cette relation.

Le manque d'influence du niveau global des maladies sur la qualité globale des vins, cependant, montre la complexité des cette relation, qui est très dépendent de la nuisibilité et aux seuils de nuisibilité associés à chaque bioagresseur en particulier. En plus, l'étude de trois régions avec cépages et terroirs très différents, ajoute aussi encore plus de complexité à l'analyse.

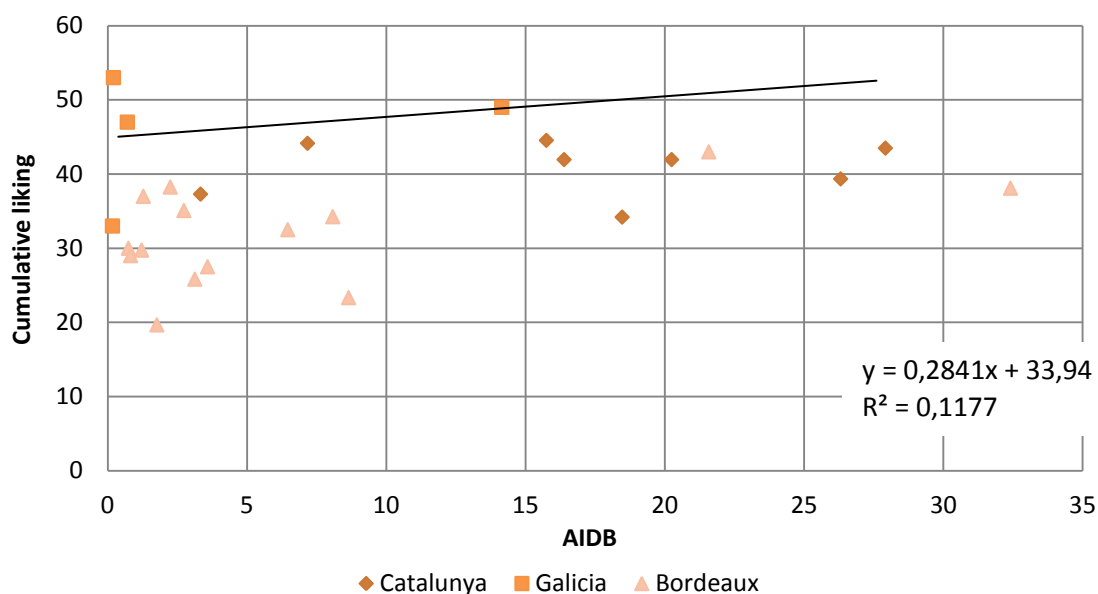


Figure 19. Corrélation entre «Cumulative liking » et le niveau de dégâts multiples pour l'ensemble des vins des trois dispositifs expérimentaux. L'indicateur «Cumulative liking » représente la somme des notes de 10 qualités organoleptiques fondamentales (Couleur, Nez, Goût et Post-Goût) évaluées par au moins 5 dégustateurs avertis

Par ailleurs, et de façon plus ciblée sur un pathogène parmi le cortège des bioagresseurs, certaines tendances globales sont observées. L'étude de la relation entre l'indicateur « Cumulative Liking » et l'incidence de pourriture grise (*B. cinerea*), par régression linéaire, montre une corrélation significative (Fig 20). Plus l'infection en fin de saison des raisins est forte par ce pathogène, plus la qualité organoleptique des vins est altérée. Ceci conforte des études précédentes où le seuil de sévérité de 5% de baies atteintes par ce pathogène en fin de saison avait déjà été identifié comme un seuil critique. Ici, un seuil même plus bas pourrait être avancé, nécessitant de futures confirmations.

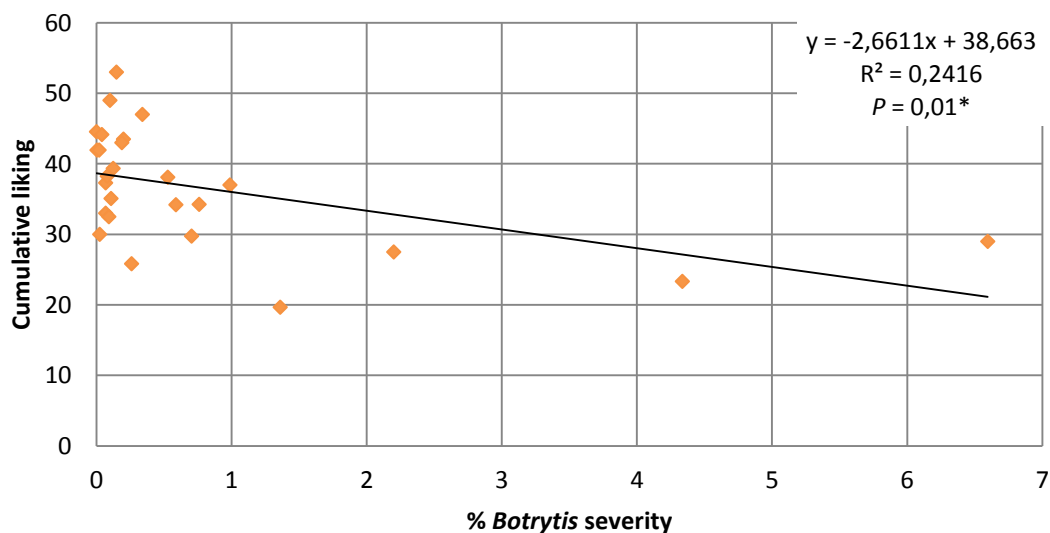


Figure 20. Corrélation entre «Cumulative liking » et l'incidence de pourriture grise (*B. cinerea*) à la vendange pour l'ensemble des vins des trois dispositifs expérimentaux. L'indicateur «Cumulative liking » représente la somme des notes de 10 qualités organoleptiques fondamentales (Couleur, Nez, Goût et Post-Goût), évaluées par au moins 5 dégustateurs avertis

3) Conclusions générales

Comme le montre ce rapport complet, toutes les tâches prévues dans le projet ont été accomplies selon le plan préétabli et de nombreux résultats ont été obtenus au vignoble en 2017 dans les 3 régions ciblées : Sud-Ouest France, Catalogne et Galice. Le projet a montré la pertinence des indicateurs parcellaires globaux (AIDB, IFT, rendement ...) qui permettent de faire des analyses de systèmes complexes, multifactorielles, et qui permettront aussi de publier scientifiquement ces résultats en 2019-2020 (publication en cours).

Dans les 3 régions SUDOE, le même dispositif expérimental reposait sur des couples de parcelles viticoles, dont une parcelle était peu traitée par des pesticides et l'autre recevait significativement plus d'applications phytosanitaires en saison. Les parcelles faiblement traitées pouvaient être en Agriculture Biologique (AB) ou en mode "conventionnel bas intrants". **Hormis cette différence dans les traitements, les deux parcelles d'un même couple étaient extrêmement comparables en termes agronomiques** (même cépage, même terroir, très grande proximité...).

Ainsi, le différentiel qui a été étudié en termes d'utilisation de pesticides, c'est-à-dire la différence d'IFT-hors-Biocontrôle (Index de Fréquence de Traitements avec pesticides de synthèse) entre les deux parcelles du couple atteignait :

- * **Sud Ouest France : 4.3 en moyenne** (variations entre 2 et 7 env.) ; 6 couples pris en compte.
- * **Catalogne : 3.7 en moyenne** (variations entre 3 et 5 env.) ; 4 couples pris en compte
- * **Galice : 7 en moyenne** (variations entre 2 et 11 env.) ; 3 couples pris en compte. Notons, de façon importante, que le 4^{ème} couple non pris en compte dans cette moyenne en Galice est "Mcodax" dans lequel l'IFT-hors-biocontrôle atteint 22 dans la parcelle en Agriculture biologique (AB) indiquée à faibles intrants pesticides "MCODAX-B", alors qu'il est proche de 13 dans la parcelle, conventionnelle, à forts intrants pesticides "MCODAX-H". Ce cas particulier est très intéressant, car il montre que dans cette région espagnole à très fort risque Mildiou, la gestion du mildiou en AB doit comporter de nombreuses applications de cuivre qui n'est pas considéré comme produit de biocontrôle (donc comptabilisé dans l'IFT-hors-biocontrôle...).

Le fort différentiel d'intrants pesticides en Galice, soit une différence de l'équivalent de 7 traitements à pleine dose (IFT-hors-biocontrôle), est à relativiser en regard du très fort IFT total moyen dans la région. Ce dernier est de l'ordre de 20 du fait surtout des conditions climatiques régionales très favorables au mildiou de la Vigne.

Ces écarts très nets d'intrants pesticides ont provoqué, sur l'ensemble du réseau parcellaire étudié en SUDOE, de fortes variations d'intensité des attaques des bioagresseurs majeurs analysés : Mildiou, Oïdium, Botrytis et tordeuses de la grappe (Eudémis). Ainsi, l'AIDB, indicateur global de la pression de maladies et ravageurs, est, au global, en croissance forte sur notre réseau parcellaire quand l'IFT-hors-biocontrôle diminue (comme le montre la Fig. 15 reproduite ci-dessous). **Une diminution d'IFT-hors-biocontrôle d'env. 4 unités, comme l'écart entre nos parcelles au sein des couples en Catalogne et Sud Ouest de la France, amène à une augmentation d'env. 12 % de l'AIDB. Cette augmentation est conséquente et s'avère notable en termes de dégâts des principaux bioagresseurs composant l'AIDB.** Elle résulte directement de la baisse des intrants dans les parcelles à faible IFT, comparées aux parcelles à fort IFT dans notre réseau.

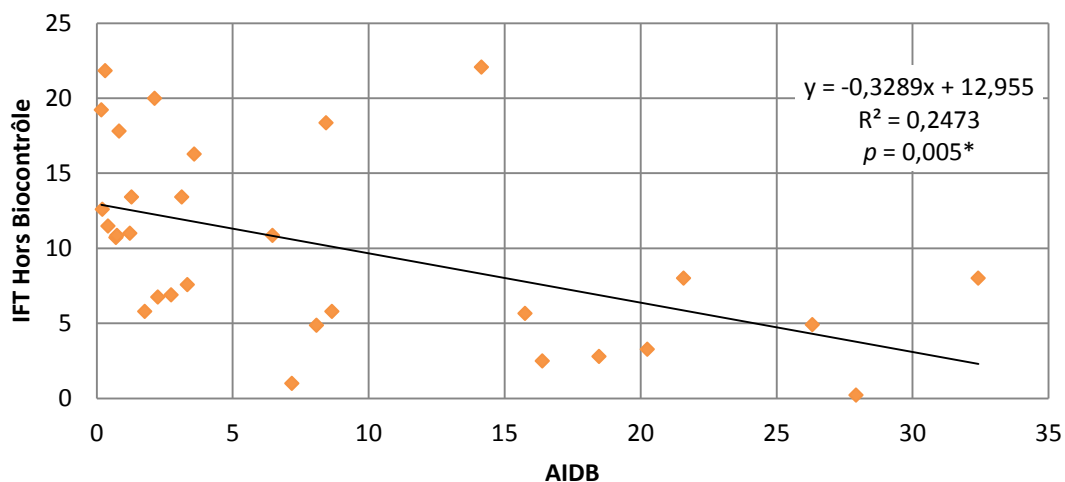


Figure 15. Corrélation entre l'indicateur de dégâts multipests (AIDB) et l'indicateur de fréquence de traitements hors traitements de biocontrôle (IFT Hors Biocontrôle).

Pour chacune des régions, on constate :

- En France, la réduction d'IFT a pu se traduire, dans 2 couples notamment, par une augmentation supérieure à 20% d'AIDB (Fig. 1), donc très supérieure aux 12% moyens précédents.

- En Catalogne, selon les couples, il y a de très fortes variations des dégâts multipests sur grappes (AIDB) en réponse à la réduction d'IFTs. En moyenne, l'IFT-hors-biocontrôle baisse de 73% ($\pm 4\%$ SE) amenant à un doublement de l'AIDB, soit une augmentation d'AIDB de 106% ($\pm 59\%$ SE). Cependant, la variabilité est telle qu'il est difficile d'extrapoler, indiquant qu'il existe des facteurs qui échappent aux indices. De façon plus détaillée encore, à Masquefa, une réduction de 56% de l'IFT-hors-biocontrôle n'entraîne qu'une petite augmentation d'AIDB de 4% ; à St Martí Sarroca, la réduction de 63% de l'IFT-hors-biocontrôle amène à une augmentation 5 fois supérieure d'AIDB (454%); à St Père, la réduction de 94% de l'IFT-hors-biocontrôle induit une augmentation de 38% de l'AIDB. Enfin, à l'inverse de tous les autres sites, à Vilobí, une réduction de 80% de l'IFT-hors-biocontrôle entraîne une réduction d'AIDB de 73%. Ce dernier contre-exemple s'expliquerait par la vigueur végétative supérieure de la parcelle Vilobí à fort IFT (Vilobí_H), facteur favorisant nettement les maladies surtout l'Oïdium, par rapport à la parcelle à plus faible IFT "Vilobí_B".

- En Galice (Fig. 3), la réduction d'IFT s'est bien traduite dans 2 couples par des augmentations de 15% et 6% env. d'AIDB; mais sans effet de la réduction d'IFT dans les deux autres couples. En conclusion, les sites ont montré de très grandes variations dans leur réponse aux baisses d'IFT et la relation qui veut que la baisse d'IFT s'accompagne d'une augmentation de la pression de maladies et ravageurs est une relation assez lâche très dépendante des conditions locales. Des études ultérieures devront être menées pour mieux comprendre les mécanismes sous-jacents.

Dans la plupart des cas, la réduction des traitements phytosanitaires s'est traduite par des baisses de rendements considérables et notables. Elles ont cependant été variables et dépendantes des sites et de la région SUDOE :

* Dans le Sud Ouest de la France, l'analyse finale retient 4 couples sur 7 (car 2 couples ont subi un gel important au printemps 2017, Espiet-1 et Resintbio, et le 3ème couple de Sauveterre a eu trop de problèmes techniques pour être analysé). Dans 3 des 4 couples analysables dans le Sud Ouest de la France, les parcelles plus faiblement traitées montrent des pertes relatives de rendement comprises entre 29% et 52 % (en comparant avec la parcelle correspondante plus traitée dans le couple). Sur les 4 couples analysables, la perte relative de rendement due à la réduction des IFTs s'avère très significative puisqu'atteignant, en moyenne, 22 % en comparaison des parcelles correspondantes plus traitées. Ces pertes de rendement sont attribuables aux bio-agresseurs ayant été moins bien contrôlés dans les parcelles moins traitées. En effet, comme démontré précédemment, rappelons l'augmentation significative de la pression multipests (AIDB) dans les parcelles moins traitées, celles à faible IFT hors-biocontrôle comparées à la parcelle à plus fort IFT dans le même couple (paragraphe précédent).

* En Catalogne, la même conclusion est tirée car, **dans 3 des 4 couples étudiés, les parcelles plus faiblement traitées montrent des pertes relatives de rendement atteignant env. 11%, 33% et 46 % (en comparant avec la parcelle correspondante plus traitée dans le couple)**. De façon inattendue, le 4ème et dernier couple montre un résultat exceptionnellement contraire, s'avérant donc le seul contre-exemple dans cette région de Catalogne. **En moyenne sur les 4 couples, la perte relative de rendement due à la réduction des IFTs s'avère significative et atteignant env. 7%** en comparaison des parcelles correspondantes traitées plus intensivement. Ces pertes sont à considérer comme réellement importantes et d'autant plus lourdes de conséquences potentielles, notamment en termes d'impact économique, qu'elles se sont produites dans un contexte où 75 % des parcelles étudiées n'ont pas atteint les rendements maximaux autorisés dans la région qui, pour les variétés rouges au sein des gammes "DO Catalunya" et "DO Penedès", sont de 9 000 kg / ha. La faiblesse des rendements observée en 2017 sur ce réseau s'explique par trois années consécutives de sécheresse dans la région (2015-2017), avec des précipitations d'environ 60% par rapport aux précipitations typiques dans la région (où l'irrigation est une pratique absente de toutes les parcelles étudiées).

* En Galice, on conclut de même : **dans 3 des 4 couples étudiés, les parcelles plus faiblement traitées montrent des pertes relatives de rendement atteignant env. 31%, 43 % et 48%** (en comparant avec la parcelle correspondante plus traitée dans le couple). Comme en Catalogne, 1 seul couple montre un résultat exceptionnellement contraire, s'avérant donc aussi le seul contre-exemple dans cette région de Galice. **En moyenne sur les 4 couples, la perte relative de rendement due à la réduction des IFTs s'avère significative et atteignant env. 9%** en comparaison des parcelles correspondantes traitées plus intensivement.

Ainsi, en résumé, dans chacune des 3 régions SUDOE et surtout dans le Sud Ouest de la France, l'analyse globale, avec 4 couples de parcelles analysables par région, montre des pertes relatives de rendement comprises entre 7 et 22% en moyenne. Il est aussi très important comme conclusion globale de retenir la corrélation significative (au seuil de probabilité de 0.10) entre l'indicateur multipests AIDB et le rendement qui est représenté par l'indicateur "YAR" du taux de réalisation du rendement (Fig. 9).

Autrement dit, le rendement espéré par le viticulteur est bien atteint seulement lorsque les dégâts multipests sont contrôlés et que l'indicateur multipests n'atteint pas 5% approximativement (Fig. 9). **Ces moyennes déjà notables cachent cependant des réalités extrêmement lourdes de conséquences potentielles, notamment en termes d'impact économique. En effet, dans 50% des cas (Catalogne), voire 75% des cas (France et Galice), les pertes de rendement relatives étaient au minimum de 29%.** Ces pertes importantes de rendement sont attribuables, pour une grande part, aux bio-agresseurs. en effet, ces derniers, incluant Mildiou, Oïdium, Tordeuses de la Grappe et/ou Botrytis, ont été moins bien contrôlés dans les parcelles moins traitées de chaque couple. Rappelons en effet l'augmentation significative de la pression multipests (AIDB) dans les parcelles moins traitées (faible IFT hors-biocontrôle) comparées à celles à plus fort IFT du même couple.

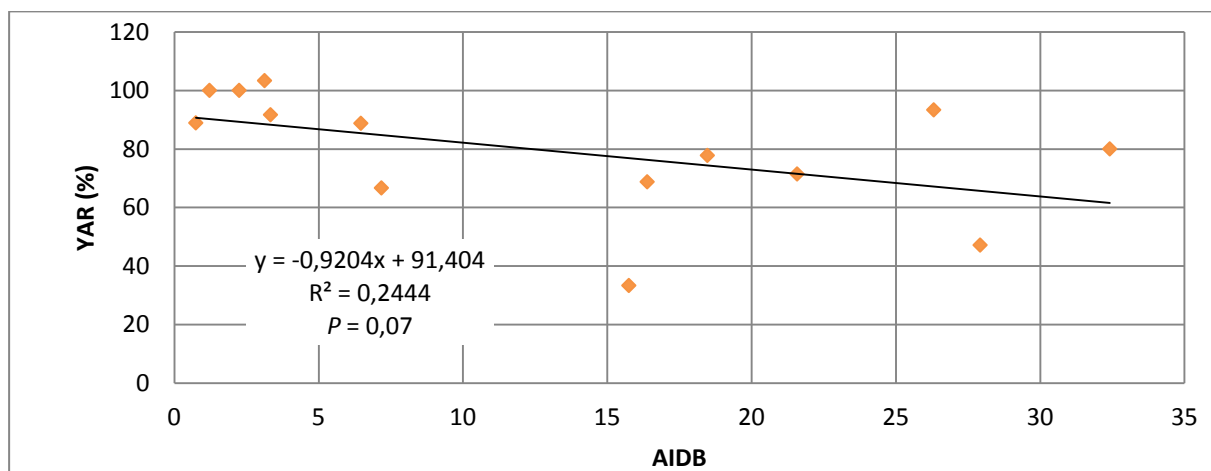


Figure 9. Corrélation entre l'indicateur de dégâts multipests (AIDB) et l'indicateur de taux de réalisation du rendement (Yield Achievement Rate YAR). Données du dispositif hors Galice et hors parcelles gelées dans le sud ouest de la France.

Dans les 3 régions SUDOE considérées, **les conclusions générales de cette étude sont beaucoup moins claires concernant la relation entre la baisse de l'utilisation des pesticides et la qualité organoleptique des vins** produits lors de mini- ou micro-vinifications. Ainsi, en Sud Ouest France, Catalogne et Galice, les analyses des goûts et les dégustations des vins ne montrent pas de différences significatives dans leurs qualités œnologiques en fonction des caractéristiques des parcelles à faible IFT ("IFT B") versus celles plus traitées à fort IFT ("IFT H"). Les paramètres de la qualité des vins sont, notamment, ceux obtenus lors de dégustations par des panels de dégustateurs avertis. L'indicateur «Cumulative liking» représente la somme des notes de 10 qualités organoleptiques fondamentales (Couleur, Nez, Goût et post-Goût) évaluées par au moins 5 dégustateurs avertis. Cela est aussi clairement corroboré par la **Figure 19 ne montrant pas de corrélation significative entre l'appréciation organoleptique multicritères des vins dégustés («Cumulative liking») et le niveau de dégâts multipests par les bio-agresseurs** considérés (Mildiou, Oïdium, Botrytis, tordeuses de la grappe). D'autres données et analyses, autres que celles du seul millésime 2017 considéré ici, seront nécessaires pour mieux comprendre et analyser la complexité de telles relations de nuisibilités œnologiques du cortège des principaux bio-agresseurs de la vigne. En plus, l'étude de trois régions avec cépages et terroirs très différents, ajoute aussi à la complexité des processus sous-jacents. Enfin, il est aussi très important de rappeler que les questions de nuisibilité des principaux bioagresseurs de la vigne - en particulier qualitatives *via* leur impact sur la qualité œnologique - sont, avant tout, à examiner et approfondir pathogène par pathogène. En effet, les approches multipests sont difficiles à ce titre pour expliquer les phénomènes sous-jacents dépendant de la biologie particulière chaque bioagresseur considéré (cycle de vie, physiologie, enzymes produites...).

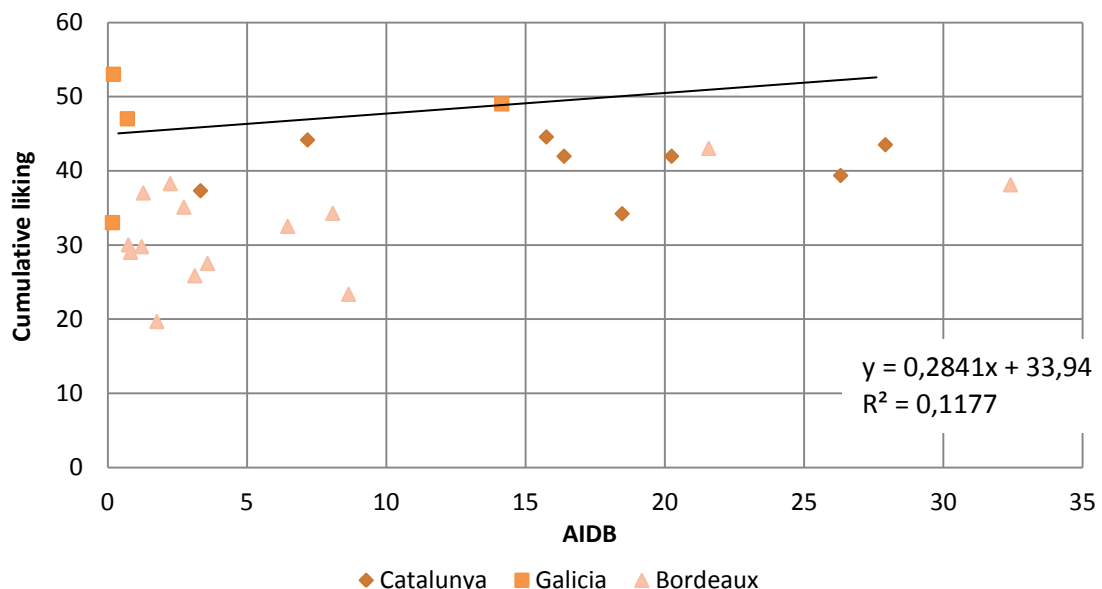


Figure 19. Corrélation entre «Cumulative liking» et le niveau de dégâts multiples pour l'ensemble des vins des trois dispositifs expérimentaux. L'indicateur «Cumulative liking» représente la somme des notes de 10 qualités organoleptiques fondamentales (Couleur, Nez, Gout et Post Gout), évaluées par au moins 5 dégustateurs avertis

4) Bibliographie ciblée issue du projet

Les résultats des expérimentations du GT2 VINOVERT ont été présentés dans les congrès suivants :

Titre du travail: Análisis multifactorial de la presión de enfermedades y el uso de pesticidas en viticultura:

posibilidades de reducción en el sudoeste de Europa

Auteurs: Carlos Calvo-Garrido; Felicidad De Herralde; Xoan Elorduy; Enric Bartra; Eric Giraud-Heraud; Jose Maria Gil; Isaac Rodriguez; Rafael Cela; Miguel Tubio; Jean Roudet; Pascal Lecomte; Denis Thiery; Marc Fermaud.

Nom de la conference: XIX Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología

Type de participation: Communication oral

Ville de l'évènement: Toledo, Castille-La Mancha, Spain

Date: 09-10/10/2018

Organisateur: Sociedad Española de Fitopatología

Titre du travail: Multifactorial analysis of disease pressure and pesticide use in viticulture: reduction possibilities in South-western Europe

Auteurs: Carlos Calvo-Garrido; Felicidad De Herralde; Xoan Elorduy; Enric Bartra; Eric Giraud-Heraud; Jose Maria Gil; Cristina Escobar; Isaac Rodriguez; Rafael Cela; Miguel Tubio; Robert Savé; Xavier Aranda; Jean Roudet; Pascal Lecomte; Denis Thiery; Marc Fermaud.

Nom de la conference: International Congress on Grapevine and Wine Sciences

Type of event: Conference

Type de participation : Participatory - poster

Ville de l'évènement: Logroño, La Rioja, Spain

Date: 07-09/11/2018

Organisateur: INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA VID Y DEL VINO

Titre du travail: The SUDOE "Vinovert" PROJECT : Potential of pesticide use reduction in 3 South West European vineyard regions"

Auteurs: Carlos Calvo-Garrido; Felicidad De Herralde; Jean Roudet; Pascal Lecomte; Xoan Elorduy; Isaac Rodriguez; Miguel Tubio; Laurent Delière; Denis Thiery; Jose Maria Gil; Eric Giraud-Heraud; Marc Fermaud.

Nom de la conference: Future IPM in Europe 3.0 - International Congress on Grapevine and Wine "IOBC - WPRS Integrated protection in Viticulture"

Type of event: International Conference

Type de participation : Participatory - poster

Ville de l'évènement: Riva del Garda, Italy

Date: 15-20/10/2017

Organisateur: IOBC - WPRS Integrated protection in Viticulture"